G30/9

科学的社会功能

〔英〕J. D. 贝尔纳 著
陈体芳 译　　张 今 校

商 务 印 书 馆
1982年·北京

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

J. D. Bernal

THE SOCIAL FUNCTION OF SCIENCE

George Routledge & Sons Ltd. London, 1944.

据英国乔治·劳特利奇父子有限公司1944年版译出

科 学 的 社 会 功 能

〔英〕J. D. 贝尔纳著

陈体芳译　张　今校

商 务 印 书 馆 出 版

（北京王府井大街36号）

新华书店北京发行所发行

民 族 印 刷 厂 印 刷

统一书号：2017·286

1982年11月第1版	开本850×1168 1/32
1982年11月北京第1次印刷	字数442千
印数 12,300 册	印张19 1/8　插页3

定价：（精）3.05 元

出 版 说 明

科学学，又称“科学的科学”，是一门以科学本身为研究对象的新学科，它探讨科学的社会性质、作用和发展规律，以及科学的体系结构、规划、管理和科学政策等问题。这是在本世纪三、四十年代逐步发展起来的一门综合性的边缘学科。一般认为，这一名称是波兰学者奥索夫斯基夫妇在1936年首先提出的，但明确地阐述了科学学的思想，为这门学科的形成奠定基础的还是J.D.贝尔纳在1939年出版的这部《科学的社会功能》。

六十年代以来，科学学在国外有了很大的发展。1964年英美科学家为纪念本书出版二十五周年，在伦敦出版了一部题为“科学的科学”论文集，贝尔纳曾为该书撰写了论述本书出版二十五年以后情况的文章。1965年，第十一届国际科学史大会召开时，贝尔纳在会上致开幕词，题为《在通向科学学的道路上》。此后，世界各国相继开展了科学学的研究，先后出版过科学学的论文集。目前，科学学在国外已形成为一门受到科学家和科学管理工作者普遍重视的新学科。

近年来，我国科学工作者也逐步开展了科学学的研究。1979年7月在北京召开了“科学学学术讨论会”，会上许多科学工作者尝试用马克思主义来指导和研究科学学问题，表明我国的科学学已经有了一个良好的开端。

J. D. 贝尔纳(1901—1971)是英国著名的物理学家、伦敦

大学教授。他根据结晶学和生物化学方面的成就，研究了物质结构问题，在金属、激素、维生素、简单蛋白质和病毒结构方面均有著述。他还写有科学史、科学哲学和科学与社会问题的论著。代表作还有：《必然的自由》论文集(1949)、《生命的物理学基础》(1951)、《十九世纪的科学与工业》(1953)和《历史上的科学》(1954)等。

贝尔纳的这部著作，我馆1950年曾出版过张子美的摘译本(书名《科学与社会主义》)。为了给我国科学学的研究提供资料和借鉴，这次我们将本书全译出版。在书前，我们又转载了作者和麦凯合写的题为《在通向科学学的道路上》的文章，一并供读者参考。

商务印书馆编辑部

1981年5月

目　录

在通向科学学的道路上(J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯)……13
序言……25

第一部分　科学现在所起的作用

第一章　绪论……33
科学面临的挑战……33
客观事态的影响；是否应该禁止科学？对理性的背叛
科学和社会之间的交互作用……37
科学作为纯思维；科学作为一种力量；幻想的破灭；出路；科学对社会的重要性；作为劳动者的科学家；以盈利为目的的科学；科学机构；科学能够存在下去吗？
第二章　科学的历史概况……49
科学、学术和手工艺……49
原始的科学；农业和文明；城镇和工匠；僧侣和工匠之间不幸的分家；天文学；医学；希腊人和科学；哲学家们支配下的科学；希腊文化复兴；伊斯兰教；中世纪
现代科学的诞生——科学和贸易……57
发明才能和学术的结合；技术进步；在手工艺知识基础上建立起来的科学；意大利和第一批科学学会；荷兰、英国和皇家学会；新发现和航海术；第一批科学家；牛顿时代
科学和制造业……63
蒸汽机；科学与革命——月社；法国科学的伟大时代；气体革命和化学工业；十九世纪——科学成为必需的东西；德国登场了；作为一种机构的科学事业——纯科学的概念
科学和帝国的扩张……71
世界大战；科学家的协作；国家举办的科学事业；战后时期和

经济危机
科学和社会主义 ……75
第三章 英国科研组织现状……76
大学、政府和工业中的科研工作
大学中的科研工作 ……77
科研工作者；大学科研工作的性质；工程学研究工作；物理学和化学研究工作；医学课题的研究；不平衡的科研规划
科学学会 ……83
皇家学会；英国促进科学协会
政府科研工作……86
科学和工业研究部——国家物理实验所；燃料研究工作；食品研究工作；林业产品和建筑；研究协会；研究津贴
医学科研工作……93
医学研究委员会；私人医学研究
农业科研工作……99
工业中的科研工作 ……105
费用；工作的性质
科研经费筹措 ……108
捐赠；政府津贴；经费管理；财务监督；科研财务的性质；科研费用的性质
科研预算 ……115
第四章 科学教育 ……120
过去的科学教学 ……120
中学的科学教育 ……122
大学的科学教育 ……125
讲课制度；专业化；课程；考试；医学教育；工程学
科研工作者的培养 ……135
经济困难；从事科研的机会；发迹的问题；科研职业

科普工作 ……………………………………………………141
科学在现代的影响；科学的孤立；渗入科学界的迷信；前科学的态度；对科学的需要和对科学的压制
第五章　科学研究的效率 ……………………………………150
科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的
纯科学的理想 ………………………………………………151
把科学作为一种逃避现实的方法；科学与玩世不恭
科学在技术上的低下效率 …………………………………158
糟糕的组织形式；实验室工作对人才的浪费；虚假的节约；科学工作者的薪金
科学研究所 …………………………………………………164
大学实验室；捐赠的影响；政府办的实验室
工业中的科研工作 …………………………………………170
保密；缺乏学术自由；低标准
科学仪器 ……………………………………………………175
大量生产；高昂的价格
科研工作缺乏协调 …………………………………………178
非正规的方法；不同学科互不通气；老人统治；科学工作必须组织起来吗？
科学出版物 …………………………………………………184
出版物的湮没；出版费用；个人交流和旅行
效率不高的组织形式的后果 ………………………………188
科学处于危机中
第六章　科学的应用 …………………………………………191
科学和技术之间的交互作用；科学对工业的渗透；科学应用过程中的时间差距
科学的有利可图性 …………………………………………199
筹措科研经费的困难；取得实际成功的条件；规模问题；发明的浪费和挫折；建设性和补救性的应用
工业竞争和科学研究 ………………………………………206

垄断与科研 ……………………………………………………208
缺乏刺激力；设备的废弃
对科研的扼杀 ……………………………………………………214
专利
工业科研合作 ……………………………………………………223
各工业行业之间的竞争
经济民族主义和科研 ……………………………………………226
保密；国际垄断组织
工业科研工作走上邪路……………………………………………231
科学和人类福利 …………………………………………………234
技术改进带来的失业；不可能做到富足
第七章 科学和战争 ………………………………………………241
科学和战争在历史上的关系 ……………………………………241
火药；大炮和文艺复兴；战争和工业革命；十九世纪；世界大战中的科学；战争促成了国家组织的科研工作
当前的军事科研工作 ……………………………………………253
什么是军事科研？ 战争趋向于机械化
科学和军备 ………………………………………………………256
重工业；飞机生产；化学工业；炸药和毒气
国家食品供应 ……………………………………………………260
科学研究转用于军事 ……………………………………………264
军事科研；战时的科学家；全面备战；防空；保护平民
科学家正视战争问题 ……………………………………………271
科学家为和平而组织起来
第八章 国际科学概况 ……………………………………………274
过去的科学和文化 ………………………………………………274
今日的国际科学事业
语言问题……………………………………………………………276

科学界及其各大区域 ……………………………………………277
科学的民族特点
老工业国的科学 ……………………………………………280
英国的科学；纳粹当权以前的德国科学；法国的科学；荷兰、比利时、瑞士和斯堪的纳维亚的科学；奥地利和捷克斯洛伐克的科学；波兰、匈牙利和巴尔干诸国的科学；西班牙和拉丁美洲的科学
美国的科学 ……………………………………………291
东方的科学 ……………………………………………295
印度的科学；日本的科学；中国的科学；伊斯兰国家的科学
科学和法西斯主义 ……………………………………………299
法西斯国家意大利的科学；纳粹科学；对犹太人的迫害；对科学的镇压；一切科学都为备战服务；科学被歪曲得面目全非；科学处于危机之中
科学与社会主义 ……………………………………………316
苏联的科学；革命前的科学；早期的斗争；苏联科学的规模；科学规划；组织机构；这个制度如何工作；科学教育和文化普及；苏联科学的特色；辩证唯物主义和科学

第二部分　科学所能起的作用

第九章　培训科学家 ……………………………………………335
改组科学工作 ……………………………………………335
扩展的必要性；既有组织又能保持学术活动的自由；吸收科学家的办法；职业选择；敞开进入科研工作的大门；吸收新人员的指导机关
改变科学教学方法 ……………………………………………340
中学科学教学 ……………………………………………341
一种有生气的课程；为大众所共有的科学
大学科学教学 ……………………………………………344
科研作为教学方法；科学和文化；职业教育；专业化；高级大学；

科研和教学

修订课程 ……349

物理学；化学；天文学和地质学；生物学；医学；社会科学

第十章 改组科研工作 ……360

若干首要的原则 ……360

作为职业的科学工作

专业化 ……362

专业化的控制

实验室组织 ……365

作为基本单位的实验室；协作事业；作为训练中心的实验室；民主办实验室；实验室主任；行政主管人；实验室代表；经费筹措；图书管理员；样品管理员；机修师和仓库保管员；实验室委员会；科研计划；组织起来的各种危险性；为成长预作安排；科研工作中的主动性；组织和自由

科学事业的全面组织 ……381

科研的横的和纵的分类；大学的地位；科学的复杂性；相互联系的方案

科学院 ……385

职权；保证科学院工作能力的方法；选举形式

技术—科学研究所 ……389

科学界和工业界之间的双向交流；研究所和新生产；人员；物理学部门和化学部门；生物学部门；社会学研究所和规划工作

工业实验室和野外试验站 ……393

实验工厂；野外试验站；应用研究的性质；控制设备废弃

资本主义制度下的科学应用 ……396

社会主义和科学发展的条件

第十一章 科学交流 ……398

科学出版物的职能 ……399

发表单元的种类；发行的问题；以发行服务机构来取代期刊；直

接影印复制； 这个制度将如何进行工作； 摘要； 报告； 控制弊端； 眼前的可能性

国际上的问题 ……409

分散化； 第二科学语言

个人接触的重要性 ……411

为旅行提供便利条件

科普工作 ……413

科学和报界； 通过无线电和电影院来传播科学知识； 科普书籍； 世界百科全书； 群众参加科学工作

第十二章　科学经费筹措 ……419

科学和经济制度 ……419

科学的经费需要——灵活性和可靠性

计划经济中的科学 ……420

预算的决定； 内部经费分配； 实验室的经费筹措； 加强科学事业； 人才的利用； 科学工作者的地位； 对经费不加任何外来限制； 最适宜的支出

资本主义经济中的科学经费筹措 ……427

科学界和工业界之间必须更好地相互了解； 科学基金； 官方的反对理由； 私人赠款； 科学事业能否自给自足？ 经济民族主义和计划性科学

科学自由 ……433

摧残； 科学事业需要组织起来； 科学家和人民

第十三章　发展科学的战略 ……437

科学工作可以规划吗？ ……437

灵活性； 全线推进； 受阻地点； 扩大战线； 巩固阵地； 理论的重要性； 经常的修正； 基本研究和应用研究的平衡

第一阶段：对科学作全面调查 ……443

大自然的世界和人的世界； 需要真正起作用的社会科学

科学的前景……………………………………………………445

未完成的任务

物理学……………………………………………………………447

物质的结构；地球物理学

化学………………………………………………………………450

金属；反应；化学的改造；胶质和蛋白质

生物学……………………………………………………………453

生物化学；生物物理学；胚胎学；细胞核和遗传学；生态学；动物行为；动物社会

社会科学和心理学……………………………………………458

科学的前途………………………………………………………460

交互作用

第十四章 科学为人类服务……………………………………462

人的需要…………………………………………………………462

基本需要：生理需要和社会需要

食物………………………………………………………………464

新农业；用细菌方法和化学方法生产食物；分配；烹调

衣着………………………………………………………………468

废弃纺织

住房………………………………………………………………468

新材料；室内气候；家用设备；未来的城市；城市和乡村；规划

健康………………………………………………………………472

疾病防治；老年人的疾病和死亡；人口控制；在良好社会条件下，人口大幅度增长

劳动………………………………………………………………477

主要考虑应该是工人而不是利润；设计可以消除而不是制造单调乏味的劳动的机器；劳动是一种乐趣

娱乐………………………………………………………………479

目　录

在通向科学学的道路上(J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯)……13
序言……25

第一部分　科学现在所起的作用

第一章　绪论……33
科学面临的挑战……33
客观事态的影响；是否应该禁止科学？ 对理性的背叛
科学和社会之间的交互作用……37
科学作为纯思维；科学作为一种力量；幻想的破灭；出路；科学对社会的重要性；作为劳动者的科学家；以盈利为目的的科学；科学机构；科学能够存在下去吗？
第二章　科学的历史概况……49
科学、学术和手工艺……49
原始的科学；农业和文明；城镇和工匠；僧侣和工匠之间不幸的分家；天文学；医学；希腊人和科学；哲学家们支配下的科学；希腊文化复兴；伊斯兰教；中世纪
现代科学的诞生——科学和贸易……57
发明才能和学术的结合；技术进步；在手工艺知识基础上建立起来的科学；意大利和第一批科学学会；荷兰、英国和皇家学会；新发现和航海术；第一批科学家；牛顿时代
科学和制造业……63
蒸汽机；科学与革命——月社；法国科学的伟大时代；气体革命和化学工业；十九世纪——科学成为必需的东西；德国登场了；作为一种机构的科学事业——纯科学的概念
科学和帝国的扩张……71
世界大战；科学家的协作；国家举办的科学事业；战后时期和

经济危机

科学和社会主义……75

第三章 英国科研组织现状……76

大学、政府和工业中的科研工作

大学中的科研工作……77

科研工作者；大学科研工作的性质；工程学研究工作；物理学和化学研究工作；医学课题的研究；不平衡的科研规划

科学学会……83

皇家学会；英国促进科学协会

政府科研工作……86

科学和工业研究部——国家物理实验所；燃料研究工作；食品研究工作；林业产品和建筑；研究协会；研究津贴

医学科研工作……93

医学研究委员会；私人医学研究

农业科研工作……99

工业中的科研工作……105

费用；工作的性质

科研经费筹措……108

捐赠；政府津贴；经费管理；财务监督；科研财务的性质；科研费用的性质

科研预算……115

第四章 科学教育……120

过去的科学教学……120

中学的科学教育……122

大学的科学教育……125

讲课制度；专业化；课程；考试；医学教育；工程学

科研工作者的培养……135

经济困难；从事科研的机会；发迹的问题；科研职业

科普工作 ……………………………………………………141

科学在现代的影响；科学的孤立；渗入科学界的迷信；前科学的态度；对科学的需要和对科学的压制

第五章　科学研究的效率 ……………………………………150

科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的

纯科学的理想 ………………………………………………151

把科学作为一种逃避现实的方法；科学与玩世不恭

科学在技术上的低下效率 …………………………………158

糟糕的组织形式；实验室工作对人才的浪费；虚假的节约；科学工作者的薪金

科学研究所 …………………………………………………164

大学实验室；捐赠的影响；政府办的实验室

工业中的科研工作 …………………………………………170

保密；缺乏学术自由；低标准

科学仪器 ……………………………………………………175

大量生产；高昂的价格

科研工作缺乏协调 …………………………………………178

非正规的方法；不同学科互不通气；老人统治；科学工作必须组织起来吗？

科学出版物 …………………………………………………184

出版物的湮没；出版费用；个人交流和旅行

效率不高的组织形式的后果 ………………………………188

科学处于危机中

第六章　科学的应用 ………………………………………191

科学和技术之间的交互作用；科学对工业的渗透；科学应用过程中的时间差距

科学的有利可图性 …………………………………………199

筹措科研经费的困难；取得实际成功的条件；规模问题；发明的浪费和挫折，建设性和补救性的应用

工业竞争和科学研究 ………………………………………206

垄断与科研 ……………………………………………………208
缺乏刺激力； 设备的废弃
对科研的扼杀 …………………………………………………214
专利
工业科研合作 …………………………………………………223
各工业行业之间的竞争
经济民族主义和科研 …………………………………………226
保密； 国际垄断组织
工业科研工作走上邪路…………………………………………231
科学和人类福利 ………………………………………………234
技术改进带来的失业； 不可能做到富足
第七章 科学和战争 ……………………………………………241
科学和战争在历史上的关系 …………………………………241
火药； 大炮和文艺复兴； 战争和工业革命； 十九世纪； 世界大战中的科学； 战争促成了国家组织的科研工作
当前的军事科研工作 …………………………………………253
什么是军事科研？ 战争趋向于机械化
科学和军备 ……………………………………………………256
重工业； 飞机生产； 化学工业； 炸药和毒气
国家食品供应 …………………………………………………260
科学研究转用于军事 …………………………………………264
军事科研； 战时的科学家； 全面备战； 防空； 保护平民
科学家正视战争问题 …………………………………………271
科学家为和平而组织起来
第八章 国际科学概况 …………………………………………274
过去的科学和文化 ……………………………………………274
今日的国际科学事业
语言问题…………………………………………………………276

科学界及其各大区域 ……277

科学的民族特点

老工业国的科学 ……280

英国的科学；纳粹当权以前的德国科学；法国的科学；荷兰、比利时、瑞士和斯堪的纳维亚的科学；奥地利和捷克斯洛伐克的科学；波兰、匈牙利和巴尔干诸国的科学；西班牙和拉丁美洲的科学

美国的科学 ……291

东方的科学 ……295

印度的科学；日本的科学；中国的科学；伊斯兰国家的科学

科学和法西斯主义 ……299

法西斯国家意大利的科学；纳粹科学；对犹太人的迫害；对科学的镇压；一切科学都为备战服务；科学被歪曲得面目全非；科学处于危机之中

科学与社会主义 ……316

苏联的科学；革命前的科学；早期的斗争；苏联科学的规模；科学规划；组织机构；这个制度如何工作；科学教育和文化普及；苏联科学的特色；辩证唯物主义和科学

第二部分 科学所能起的作用

第九章 培训科学家 ……335

改组科学工作 ……335

扩展的必要性；既有组织又能保持学术活动的自由；吸收科学家的办法；职业选择；敞开进入科研工作的大门；吸收新人员的指导机关

改变科学教学方法 ……340

中学科学教学 ……341

一种有生气的课程；为大众所共有的科学

大学科学教学 ……344

科研作为教学方法；科学和文化；职业教育；专业化；高级大学；

科研和教学

修订课程 ……………………………………………………349

物理学；化学；天文学和地质学；生物学；医学；社会科学

第十章 改组科研工作 ……………………………………360

若干首要的原则 ……………………………………………360

作为职业的科学工作

专业化 ………………………………………………………362

专业化的控制

实验室组织 …………………………………………………365

作为基本单位的实验室；协作事业；作为训练中心的实验室，民主办实验室；实验室主任；行政主管人；实验室代表；经费筹措；图书管理员；样品管理员；机修师和仓库保管员；实验室委员会；科研计划；组织起来的各种危险性；为成长预作安排；科研工作中的主动性；组织和自由

科学事业的全面组织 ………………………………………381

科研的横的和纵的分类；大学的地位；科学的复杂性；相互联系的方案

科学院 ………………………………………………………385

职权；保证科学院工作能力的方法；选举形式

技术—科学研究所 …………………………………………389

科学界和工业界之间的双向交流；研究所和新生产；人员；物理学部门和化学部门；生物学部门；社会学研究所和规划工作

工业实验室和野外试验站 …………………………………393

实验工厂；野外试验站；应用研究的性质；控制设备废弃

资本主义制度下的科学应用 ………………………………396

社会主义和科学发展的条件

第十一章 科学交流 ………………………………………398

科学出版物的职能 …………………………………………399

发表单元的种类；发行的问题；以发行服务机构来取代期刊；直

接影印复制；这个制度将如何进行工作；摘要；报告；控制弊端；眼前的可能性

国际上的问题 ……409

分散化；第二科学语言

个人接触的重要性 ……411

为旅行提供便利条件

科普工作 ……413

科学和报界；通过无线电和电影院来传播科学知识；科普书籍；世界百科全书；群众参加科学工作

第十二章　科学经费筹措 ……419

科学和经济制度 ……419

科学的经费需要——灵活性和可靠性

计划经济中的科学 ……420

预算的决定；内部经费分配；实验室的经费筹措；加强科学事业；人才的利用；科学工作者的地位；对经费不加任何外来限制；最适宜的支出

资本主义经济中的科学经费筹措 ……427

科学界和工业界之间必须更好地相互了解；科学基金；官方的反对理由；私人赠款；科学事业能否自给自足？经济民族主义和计划性科学

科学自由 ……433

摧残；科学事业需要组织起来；科学家和人民

第十三章　发展科学的战略 ……437

科学工作可以规划吗？ ……437

灵活性；全线推进；受阻地点；扩大战线；巩固阵地；理论的重要性；经常的修正；基本研究和应用研究的平衡

第一阶段：对科学作全面调查 ……443

大自然的世界和人的世界；需要真正起作用的社会科学

科学的前景 ……………………………………………………445
未完成的任务
物理学……………………………………………………………447
物质的结构； 地球物理学
化学……………………………………………………………450
金属； 反应； 化学的改造； 胶质和蛋白质
生物学 …………………………………………………………453
生物化学； 生物物理学； 胚胎学； 细胞核和遗传学； 生态学；
动物行为； 动物社会
社会科学和心理学 ……………………………………………458
科学的前途 ……………………………………………………460
交互作用
第十四章 科学为人类服务 ……………………………………462
人的需要 ………………………………………………………462
基本需要：生理需要和社会需要
食物……………………………………………………………464
新农业； 用细菌方法和化学方法生产食物； 分配； 烹调
衣着……………………………………………………………468
废弃纺织
住房……………………………………………………………468
新材料； 室内气候； 家用设备；未来的城市； 城市和乡村； 规划
健康……………………………………………………………472
疾病防治； 老年人的疾病和死亡； 人口控制； 在良好社会条件下，人口大幅度增长
劳动……………………………………………………………477
主要考虑应该是工人而不是利润； 设计可以消除而不是制造单调乏味的劳动的机器； 劳动是一种乐趣
娱乐……………………………………………………………479

改造世界
生产……481
合理社会中工业的一体化
矿业……484
取消地下作业；熔炼——新金属
电力生产……487
节省资本；新式发电机；动力储存；电力的应用；流体动力学——火箭飞行
工程……490
合理的机器；有智慧的机器；土木工程
化学工业……492
为了需要而规划物质的生产；食品生产；药品；化妆品；废物处理；新材料；新生产方法
运输……499
空中运输；旅行中的舒适；货物运输；进一步的可能性
分配……501
食物；商品
通讯……503
取消单调乏味的工作；自动化
管理和控制……505
科学的总效果……506
人类的主要任务；是帮助科学完成其使命还是给科学泼冷水？抛弃乌托邦；新的文明：自由和斗争；对人类的信心
科学和社会……511
第十五章　科学和社会改造……513
社会条件和科学……513
科学如何改变社会……513
科学对于生产方法的影响；意识到这种摧残

今天的科学工作者 ……………………………………………………515

在经济上的依赖性； 遵奉时尚的倾向； 科学癖好； 科学和宗教；
狭隘的眼界； 科学界的老人统治

作为公民的科学家 ……………………………………………………521

形势的影响； 经济危机； 五年计划； 马克思主义和科学史； 法
西斯主义的产生； 科学家的反应； 备战

社会觉悟 ……………………………………………………………529

由科学家来统治？

科学家的组织 …………………………………………………………531

对于社会责任的认识； 科学工作者的协会

科学和政治 ……………………………………………………………536

保持中立是不可能的； 群众对科学的看法； 科学和民主； 人民阵
线； 科学家如何出一份力量

第十六章 科学的社会功能 ……………………………………………542

历史上的大变革 ………………………………………………………542

社会与文明； 科学革命——资本主义的作用； 科学的社会意义；
科学在过渡时期的任务； 可以防止的祸害； 发现需要、满足需要

科学和文化 ……………………………………………………………546

改造科学 ………………………………………………………………547

新事物的起源问题； 辩证唯物主义； 理性的扩展； 将来的趋势；
作为共产主义的科学

附　　录 ………………………………………………………………553

I. 关于大学和科学学会的图表 …………………………………553

(A) 文科、理科、医科和工科的职位数目与分配
(B) 各年级专职教学人员的人数和平均收入
(C) 理科、医科、工科和农科高年级学生的人数和分配
(D) 1934—35年大学的收入
(E) 主要科学学会所属科学家人数

II. 政府资助的研究 …………………………………………………557

(A) 政府科研经费，1937年
(B) 科学和工业研究部年度经费概况
(C) 1936—37年度研究协会的收入
(D) 研究协会接受政府津贴和工业捐助的总额
III. 工业科研 ……560
(A) 英国大小工厂的数字
(B) 学会、政府和工业企业提供给各种科学刊物发表的论文数字
(C) 各企业的工业研究经费
IV. 军事研究经费 ……562
V. 议会的科学委员会报告 ……563
VI. 法国科学事业的组织 ……573
VII. 苏联科学事业简介 ……575
VIII. 科学出版工作和文献目录编制工作机构方案 ……582
IX. 世界和平大会1936年布鲁塞尔国际和平运动科学小组委员会的报告 ……592
X. 科学工作者协会 ……595
(A) 英国科学工作者协会的政策
(B) 美国科学工作者协会的临时纲领
汉英人名索引 ……603

图　表

一、科学和工业研究的组织体系 ……384
二、工业生产 ……482
三、苏联科学事业的组织 ……581

在通向科学学的道路上*

J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯

1. 关于科学学的定义

《道德经》，这部描述中国人对自然与社会运动看法的中国古典优秀著作，一开始就明确告诫人们，过于刻板的定义有使精神实质被阉割的危险：

"道，可道；非常道。

名，可名；非常名。"①

"道"，就是在一定的结构内永无休止的变化。对于科学或科学学，我们也无需下一个严格的定义，因为科学或科学学正是此类性质的活动。作为一般的阐述，我们可以采纳普赖斯的定义，他认为科学学就是"科学、技术、医学等等的历史、哲学、社会学、心理学、经济学、运筹学及其他"。M. 奥索夫斯卡和 S. 奥索夫斯基于1935年提出的研究纲要就包含了这个一般的定义。奥索夫斯卡和奥索夫斯基正是用了"科学的科学"（Science of science）这个术语，并且第一次把这个术语用于我们今天要使用的含义上（他们认为，这个术语是T. 科塔尔宾斯基教授在1927年创造

---

* 本文摘译自波兰《科学学问题》季刊，1966年第1—2期。原文系J. D. 贝尔纳和A. L. 麦凯在第十一届国际科学史大会（1965年）开幕式上联合发表的报告。——编者

① 这段引文可译为："道"，说得出的，它就不是经常的"道"；"名"，叫得出的，它就不是经常的"名"。老子的"道"有两个意思：有时是指物质世界的实体；更多的场合下是指物质世界变化发展的规律。——译者

的)*。

首先应该指出“科学的科学”这个术语的“反身的”性质。重复使用“科学”一词就是强调，我们应该着手来完成连物理学、心理学、宗教科学等都向我们提出的对主体与客体、观察者与观察对象、创造者与创造物、火种与媒介物的综合工作。这里的每一对概念都是统一的有机体。总之，科学也应该研究它自己本身。

牛顿发现苹果落到地上的意义在于使天和地形成一个统一的机体。量子力学得到发展，要归功于它考虑到了一直袖手旁观的观察者对被观察的结构发生影响的事实。

正如其他学科一样，科学学也可以分为理论的和应用的两个部分。前者是描述和分析，说明科学和科学家活动的方式。后者是综合和规范化，提出的问题是：如何使科学应用于人类社会的需要。科学学应该成为真正的、具有某种特点的科学。它应该充分运用观察、估算、试验以及运筹学等手段。如同研究箭的飞行不能提供出现代物理学规律的充足数据一样，关起门来谈论科学的作用也不能建立起科学学。如果哲学家今天仍然用芝诺① 的范畴来理解“时间”这个概念，而置相对论、量子力学、天体物理学等最新概念于不顾，那就只能自我出丑。科学学不是从天上掉下来的，必须通过研究现实生活、花大气力去寻找。

2. 科学学的必要性

E. 赖特于1599年在《航行中的一些错误》一书的献词中鼓励

* M. 奥索夫斯卡、S. 奥索夫斯基：《科学的科学》，载《波兰科学》，第20卷，1935年。

① 芝诺(Zenon, Z. Elea)，公元前五世纪希腊哲学家。——译者

他的资助者继续进行科学探索。赖特认为，在科学发现的规范中，出现了根本的变化，这也是同后来T．库恩的解说相一致的。S．斯特德文特差不多在同一时间也发现了这一点。培根也曾竭力寻求新规范的变化方式，并且完成了“有待后人克服的……知识的全部缺陷”。他曾预见“艺术的艺术”的产生，以及“在哲学方面给以指导和启示的科学”的产生*。培根在《新工具》一书中写道：“正如我们现在所有的科学并不能帮助我们发现新的工作一样，我们现在所有的逻辑也并不能帮助我们发现新的科学。”**在科学革命的时代，敏锐的人们正在纷纷发现新事物，并且提出了“它到底是什么”的问题。

最近数十年，出现了规范继续变化的标志。普赖斯的统计表明，从1660年起，科学出版物的数量是按照指数曲线增长的，但这种倾向也不会一成不变地持续下去。美国在1965年的科学与发展研究经费为国民收入的3.2%，约210亿美元，在最近十三年，这类费用每年增长13%，也就是五、六年增长一倍。

美国历史学家H．亚当斯在1905年就注意到了这一点，他写道：“表现中世纪人类思想特点的单一性，逐渐被多样性所代替。由于镭的发现使科学界感到震惊，即是一个例证。然而，可以完全肯定的是，根据我的系数和曲线的分析，随着发展速度的加速（我们看到从十七世纪以来就是如此），一百年以后，也许是五十年以后，在人类的思想上将要出现一个彻底的转折。那时，作为理论或先验论原理的法则将消失，而让位于力量。道德将由警察

* F．培根：《知识的进展》之九。

** F．培根，《新工具》，华沙，1955年，第59页。中译文转引自《十六——十八世纪西欧各国哲学》（北京大学哲学系外国哲学史教研室编译），商务印书馆1975年版第9页。

928971

所代替。爆炸材料的能量将达到宇宙水平。分散将压倒集中”。尽管亚当斯懂得，以数字为依据的方法在历史研究中是不可缺少的，而他的历史设想，正如他自己所承认的那样，都是由科学的描绘和借喻所构成，而不是依据严格的论证。尽管如此，他的这种历史设想仍然具有极大的启发性。

由于变革速度的加快，每一个人的生活与其父辈相比，其共同之处越来越少。他会碰到越来越多的用传统方法解决不了的新问题。因此，科学，作为解决新问题的手段，其作用将日益增大，我们将会越来越强烈地感到，认识科学的所有方面是如何发展的，是十分必要的。

某些因素的数量变化，导致不同质的问题的产生。当我们开始认识科学发展的某种模式时，科学却又在向前迈进了。

对科学学的需求，部分地说，是总的知识水平的反映，而主要源泉是下列诸实际因素：

(1) 美国的科学与发展研究经费以指数速度的增长不可避免地要出现停滞。最近一个时期，联邦政府在这方面的经费每四年增加一倍，而这种增长速度是不可能长久持续下去的。不论是在美国，还是在实力较差一些的国家，必然要在费用极高的发展研究方案中进行某种选择。在培养和使用科学力量方面，也必须制定合理的计划。因此，为了进行选择，就需要有一些标准。

(2) 生产的改进是随着科学研究经费的增加而来的。结果，尽管交通联络手段在发展，各国之间的经济与科学的不平衡状况，将有增无减。

(3) 科学上的一种病态——求大，如同建筑金字塔一般追求庞大，其迹象是明显的，不仅仅美国是这样。随着原子能委员会的增多，此类现象也日益明显。军事装备的科学与发展研究，取

代了装甲舰的建造(这种进程对科学与科学家的影响尚待研究)。

(4) 科学在提供食物和其他生活用品以及文化娱乐方面，取得的成就是惊人的。这就要求更好地利用现有的可能性。分配有限的财富的战略，也要求加以实际的拟定。

3. 科学学产生的初步条件

我们认为，目前已经存在着科学学产生的足够的初步条件，并且在这方面第一次有可能形成一整套知识、理论和技术。下边就是这些条件的一部分：

(1) 目前，科学具备了从事深入统计研究的相当规模和多样性。在开普勒和伽利略的时代，从事科学研究仅仅是一种个人活动，这种统计研究就无从谈起。

(2) 目前，我们掌握了相当多的经过集中整理的历史事例，足以使我们去认识其主要现象，并对它们进行分类。

(3) 目前，科学研究是在各种不同的文化环境条件下进行的，通过比较，即与中国的、伊斯兰的、印度的、日本的或俄国的经验相比较，便可以把西欧的由希腊、犹太、基督教、罗马传统因素所产生的科学的特点，从比较普遍的因素中区别出来。同样，通过对不同经济制度下的科学发展的比较，也就能确定经济因素对科学发展的作用。

(4) 目前，在科学和科学界的组织方面，存在着有计划的试验的可能性。

(5) 生活的速度，主要由于通讯联络的日益完善，在我们的时代是如此迅速，现在进行的一些试验，在过去那是不可想象的。上述大部分因素，是与通讯联络的发展密切相关的，这也许在一

定意义上来说是不利的，与世界的普遍影响相隔绝来观察科学，会遇到重大的困难。但是，如今恐怕很难找到一种文化能幸免于来自地球大气中的放射性尘埃的“污染”。

(6) 我们正处于科学发展的极为有意思的阶段，在这个阶段，新的联系与综合迅速出现。整个文化大厦的阶梯和全面联系的结构轮廓已经开始呈现出来。我们也开始看到了每到达一种水平高度时所出现的新特点。普赖斯关于科学联系机体的研究工作，在这方面具有拓荒者的性质，他的研究是数量分析的尝试，促进了揭示支配科学运动的规律。

4. 科学学的特性

(1) 可以说，科学学这门学科，如同其他大多数学科一样，也不能臆断地预言这门学科的理论结构，我们只能通过试验和观察来描绘其细节。然而，理论结构的假设，不仅无害，甚至还是必要的。因为假设能帮助我们的是：当我们看到的现象不符合所假设的结构时，就修改这种假设的结构；而当我们看到的现象符合所假设的结构，并通过分析确认它们在这一结构中的地位时，那就更有意义了。

(2) 过去在欧洲曾经存在过亚里士多德的和宗教教义的宇宙观，它对待矛盾的态度是通过论证或试验加以解决。但是在印度，当人们发现某些与世界面貌不相符合的现象时，唯一的反映却是：“是的，这是奇迹，那有什么办法？”因此，在这里感觉不到有任何矛盾。而在中国则又是一种情况，老夫子们认为，他们是被紧紧地束缚在大自然运动的机器上，每当这架自然机器失调，他们就感到不自在，反之亦然。

(3) 可以认为，在科学研究中，许多新的概念将作为新的现象出现。例如，在对语言的研究中，情况正是这样，语言是地地道道的人类独特的一种体系，但在语言研究中，却发展了（尽管是缓慢地）统计与数字这样的新的部门。而信息理论和语言统计学（是和韦弗、香农、布里渊、维纳、赫登等人的名字密切相联的），又导致产生了一些新的观点，其中不仅有语言学方面的，而且还有物理学方面的新观点。

(4) 最近二十年，由于X射线和电子显微镜的应用，生物学在我们的视野里发生了深刻的变革。目前，它具有比以往更加令人满意的和更加清晰的概念轮廓，它已经成了一种真正的科学，而不再仅仅是被观察到的事实的汇总。这要归功于对各个具体等级的验证，这些等级包括：原子、单体粒子、聚合物粒子、分子结构、机体、社会性等，对每一个等级，只有在研究了它的上、下级的条件下才能充分理解。

(5) 科学是科学家从事的劳动。个体心理学和个体行动的方式，是科学学的最基础的一级。可惜，心理学是比分子生物学更为复杂的领域。虽然它是从1860年 G. T. 费希纳的著作《心理物理学要素》出版时起就已开始形成一门科学，但其发展却很缓慢。

其他的社会科学，例如经济学，尽管进行一些量的归纳是没有问题的，但也还明显地处在科学前的阶段(Stadium Przednaukowe)。

(6) 虽然我们希望高尔顿的格言"只要你能够，就要算清楚"能在科学学上得到应用，但是，必须避免出现虚假的概念。布莱克特的定律"任何一个设计的完成，所要求的时间为原先计划的3.14倍"，是一种对所谓精确性的嘲笑。普赖斯曾提醒洛特克有关1926年科学效率的分布的法则，洛特克1956年出版的《数学生

物学要素》一书*，更进一步预示了结构分析法，并包含了许多对科学学有益的思想。很值得将该书以及托马森1948年的《发展与形式》同现代分子生物学的状况加以比较，那时我们会立刻发现，稍微直接一点观察严密的机体，其价值至少不低于许多次不连贯地分析宏观结果的同样价值。

当然，比科学学更高一级的科学也还处于刚刚发展的开始阶段。然而，任何一种研究科学的最一般特点的理论，必然会遇到军事因素、威信因素以及宇宙竞争因素等等的压力。L. F. 理查森于1922年研究了气象学的复杂物理问题之后**，又转向更加困难的社会心理问题，然而，对这些问题的研究，至今没有收到太大的效果。

在目前科学学发展的最初阶段，把科学作为一种现象来研究，也应该象研究其他对象一样，从能够获得有力的立足点和取得具体的结果的方面开始。

目前可以举出下列研究：

(1) 统计研究：因为统计研究能够揭示客观存在的法则和规律，我们正在探索开展这种研究的手段。就象根据反应速度来鉴定单分子、双分子和链型结构一样。但是，根据几个宏观参数，目前还难以详细阐述这些手段。

在各个阶段互不协调的体系中，往往形成紧张现象，而在有计划的体系里，却能达到最大效益。这个事实正是说明必须进行计划的明显证据。这两者之间的差别，可说是一种不变的常规，就象蜡烛与激光之间、闲逛与有计划的旅行之间的差别一样。为

* A.J.洛特克：《科学效率的分布规则》。

** L.F.理查森：《用数字程序预报天气》。

了设计激光，必须懂得具体结构，而统计并不见得就是达到此目的的最好途径。

其他用途的情报源也可以利用，但必须制定一个关于收集情报的具体要求方案，任何类型的科学组织，不论是列昂节夫的或斯通的输入-输出型的，都要求收集科学家流动的专门数据。

(2) 关键事例的详细研究：当然，这是正统的科学史家基本的工作范围。无需多说。然而，这里应该指出的是同时发明的事例，因为它们具有可资借鉴的性质。在相反的情况下，则可以提出这样的问题：为什么两个人研究同一个问题，其中一个找到了答案，而另一个却没有呢？如同普赖斯一样，我们也引用圣马太的一段话："有两个人在地里，一个被接受，另一个却没被录用"。这同在农业科学中对于单卵双生的现象的研究，情况是一样的，这种方法可以比复杂的和费用高的因素分析提供更多的情况。

(3) 结构研究：结构研究也可以叫作科学的生理学，它的任务是把科学活动按其各种组成和特征"装配"成模型。它与分类理论一样，结构分析可以研究带有完全不同结构成分的同形结构。分析科学的组成以显示它的结构，也是这个生理学的对象。例如《伦琴射线五十年》一书中包含的内容，也可以用来进行分析，以表示出"教师-学生-学校"的关系，亦即是前一批发明和后一批发明之间相互联系及相互作用的后果，就象研究青蛙的血管活动一样。

(4) 试验研究：由于现在的科学研究都是由大型的组织领导的，因而可以进行科学结构的试验。在复杂的经济结构和其他结构中，利用专门的信号，在选定的点上导入干扰，并且在一定部位上表示完全位移的"噪音"中探测出这种波来，从而完成测量工作。这种情况，就如同根据外部尺寸，求出盒子内部的容积的情

况差不多。这类试验可以是没有什么破坏性的，甚至不被判定是一种试验。

从人力耗费的意义上来说，特定任务的研究是最方便的研究方式。但是，因为人脑的工作非常缓慢，尽管由于有良好的记忆力能同时研究许多问题，但这种途径毕竟不是实现上述任务的最好途径。比如，可以提出这样的论点：如果印度存在的主要经济问题是传统的出口环节薄弱，那么印度的科学家大家都来利用自己的一部分时间研究这个问题，是不是比几个专家利用自己的全部时间研究这个问题更好一些呢？因为过去没有试验过的研究方式必定存在。

（5）分类是在收集具体事例的描述之后出现的一个阶段。目前，这样的描述非常多，我们可以根据下列方式对科学发明作如下分类（默顿已经作过这样的分类）：

a．由于一个人偶然的观察得到了根本的启示而获得的科学发明；

b．由于两个人每人都拥有一部分数据材料而获得的科学发明（F．克里克和 J．沃森肯定就是这样的“实践小组”）；

c．由于人们集体有步骤地在凡是有可能的一切地方寻找期待得到的答案而获得的科学发明。

时间、地点、姑娘，还有激情的火花，所有这一切加在一起，就是创造活动所必须的条件。

这里就出现一些实际问题。如果寻求上千个问题的答案的愿望是每个多产的科学家的特点，那么怎么样组织科学家的有效合作，以便取得最高频率的成效呢？一个科学机关招聘某一位苏格拉底（或者御前丑角），让其跟随身边，发问一些幼稚可笑的问题，试问，那会有什么意义呢？任何研究工作的中心问题是：“两

个脑袋要比一个脑袋取得较好的成果，这是怎么回事?”而更困难的一个问题是:“一个脑袋也会工作，这又是怎么回事?”

5. 结　论

为了发展科学学，我们应该支持现代科学研究，其办法是:

(1) 在高等学校设立科学学的研究机构;

(2) 促使现有的科学史研究机构从事现代科学学的研究，因为目前还没有人从整体上来从事科学的研究(恐怕在英国的大学里没有这种整体科学的教研室，而只有各种专业教研室)。经济学与社会学教研室与研究所，比科学的哲学单位更有条件着手开始科学学的工作。

(3) 支持科学评论家的职业和活动，赋予他们以类似于文艺评论家的职责，使其担负起发掘根本因素和进行评论分析的创造性责任。

(4) 国家机构以应有的形式积累统计材料，并且建立自己的科学学研究机关。从国际范围来讲，这自然也是很必要的，因为科学是带有世界性的活动。

开展科学学的试验研究，特别是:

(1) 对比各种培养干部的方法;

(2) 在为发展科学创造合适的环境方面进行社会学的试验;

(3) 对科学创造进行社会心理学试验;

(4) 开展科学经济学的研究;

(5) 要研究小国是否也能最有效地利用科学，例如，能否让科威特的酋长仿效哈伦·拉希德的榜样，成为一位教育和科学的慷慨施主呢?

支持传统的科学史研究：

(1) 应该支持具有更加明确观点的倾向，这就是分析决定方向的因素，对历史事实进行分类和揭示科学发明的规范。

(2) 支持非欧洲文化的研究(在那里书面文献的意义远比“师生”关系的意义为小)。

(3) 建立原始技术协会或普罗米修斯俱乐部，可以由它们出面组织周末郊游营地，以便让科学家和其他人实地试验过去的各种科学技术。世界上有一些机构对正在过时的各种技术方法进行着勤奋的工作，以便在它们完全消失之前记录下来，但是，这种机构尽管为数不少，却总是很不够。

总起来说，我们希望把科学当作整个文化的一个组成部分来对待，以促进所有人的智育和体育的发展。

(刘仲春摘译)

序　言

过去几年的事态促使人们用批判的眼光对科学在社会中的功 xiii 能进行审查。人们过去总是认为：科学研究的成果会导致生活条件的不断改善；但是，先是世界大战，接着是经济危机，都说明了：把科学用于破坏和浪费的目的也同样是很容易的，于是就有人要求停止科学研究，认为这是保全一种过得去的文明的唯一手段。面对这些批评，科学家们自己也不得不开始第一次卓有成效地考虑他们所做的工作同他们自己周围的社会和经济现象有何种关系。本书试图对这种关系进行一些分析；探讨科学家个人或科学家集体对这一状况应负多大责任，并且提出一些可行的办法，以便把科学用于有益的目的，而不是破坏性的目的。

首先，决不能用孤立、静止的眼光来研究科学的社会功能，而要把它当作一种随着科学的发展不知不觉地发展起来的事物来加以研究。科学已经不再是富于好奇心的绅士们和一些得到富人赞助的才智之士的工作。它已经变成巨大的工业垄断公司和国家都加以支持的一种事业了。这就不知不觉地使科学事业，就其性质而言，从个体的基础上转移到了集体的基础上，并且提高了设备和管理的重要性。不过由于科学事业的发展很不协调、杂乱无章，结果到目前已经形成了一种极其无效率的体制，无论就其内部组织而言，还是就其应用于生产或福利问题的手段而言，都是如此。要使科学为社会所充分利用，就必须首先把它加以整顿。这是一项非常困难的任务，因为要把科学事业组织起来就有破坏科学进步

所绝对必需的独创性和自发性的危险。科学事业当然决不能当作行政机关的一部分来加以管理，不过无论在国内还是在国外、特别是在苏联，最新的事态都表明，在科学组织工作中把自由和效率结合起来还是可能的。

科学的应用还引起了另外一些问题。在这方面，过去的倾向几乎完全是把科学用来改进物质生产(主要是通过降低生产成本)
xiv 和发展武器。这不仅带来了由于技术改进而引起的失业，而且使人们把那些对人类福利、特别是对人们的健康和家庭生活有更直接价值的应用几乎完全置诸脑后。这就使各种学科的发展变得极不平衡。可以比较直接地带来利润的物理学和化学欣欣向荣；生物科学，尤其是社会科学，则奄奄一息。

要讨论科学的应用，就必然涉及经济问题。我们不得不追问一下：现行的或者大家所提出的各种经济制度，到底能为最大限度地利用科学造福于人类提供多大机会？而且，经济不能同政治割裂开来。法西斯主义的出现，此刻在世界到处燃起的一系列战争，以及迎接一场更为全面更为可怕的战争的准备工作都不仅使科学家们作为公民受到影响，而且还使他们的工作受到影响。自从文艺复兴以来，科学本身似乎也破天荒第一次陷于危机之中。科学家已经开始认识到自己的社会责任，不过如果要使科学执行传统所要求于它的功能并且避免威胁着它的危机，就需要科学家们和普通群众都进一步认识科学和当代生活之间的复杂关系。

对现代科学本身进行分析，已经变成了一项绝不是一个人所能单独担当的任务；事实上，至今还没有过这样一部研究性著作，连一部把各种资料搜罗到一起的著作也没有。要分析许多世纪以来发展起来的科学、工业、政府和一般文化之间的复杂关系，那就更为困难了。这样的任务不仅需要人们对整个科学有全面的了

解，而且还需要人们具备--位经济学家，一位历史学家和一位社会学家的技能和知识。我不能不用这些笼统的话作为部分理由来替本书的性质辩护。我很明白，而且现在比自己刚刚着手写作时更深刻地明白自己缺乏这项工作所需要的能力、知识和时间。我是一个埋头于一项专业的、从事实际工作的科学家，又有不少其他的职务和工作。这个课题本来要求对参考文献进行研究，我连这项工作都没有做得很彻底，而且，我也不可能连续长期地集中精力从事这项工作，只能断断续续地工作，每次也不过短短数天而已。

在任何全面的研究性著作中，绝对有必要既在统计数字上又在细节上做到精确无误，可是有时，由于缺少某些档案资料，我根本无法达到这种精确性，有时，由于其他档案资料过多而且凌乱不堪，以致我只有在作出巨大努力之后才能达到这种精确性。例如，谁也不知道各国有多少科学家（也许苏联除外），在他们身上化了多少钱。而这些钱又是由谁供给的。他们在做些什么工作按 xv
理是可以查明的，因为他们的研究成果都发表在三万多种科学期刊上，不过他们怎样进行工作并且为何进行这些工作却无从知道。

我不得不主要依赖个人经验来描述和评论科学工作的管理状况。这容易产生双重的缺点：个人经验可能不具有代表性或者个人的结论有偏见。关于第一点，我同许多领域中各式各样的科学家们多次谈话的结果使我相信：同我所经验的许多情况相类似的事情在科学界任何其他部门中几乎都可以遇到。至于第二点，我得坦率承认：我是有偏见的。我对于缺乏效率，摧残科学事业和把科学研究用于卑鄙目的感到愤慨。正是由于这个原因，我才来研究科学和社会的关系，并尝试写作这本书。如果说在细节方面偏见看来可以使人们作出苛刻的判断的话，那么，无法否认：科学家当中普遍存在的愤慨情绪本身就证明，科学界的情况并不都

很美妙。不幸，人们却无法在任何公开出版的著作中自由而且精确地谈论科学事业的管理状况。禁止诽谤的法律、国家的种种借口，更有甚者，科学界本身的不成文法规都使人不可能把具体的事例作为赞美或谴责的对象而公之于世。责难必须是泛泛的，以至达到不能令人信服和缺乏实质内容的程度。不过总的论点若是正确的话，科学家们就能用自己的事例来加以补充，非科学家们也能根据自身的经验来考核科学事业的最后成果，并且体会本书的论点对这种现象产生的原因作出多少说明。

科学事业遭受的摧残对于亲身目睹的人们来说，是极其令人痛心的事。对于大多数人来说，它意味着种种疾病，强制的愚昧，苦难、无效的劳动和未尽天年的夭折，对于其余的人来说，它意味着忧心忡忡、探索不已而又虚度年华的一生。科学能够改变这一切情况，不过只有当科学界同一切能够理解它的功能的、志同道合的社会力量配合起来的时候，才能做到这一点。

面对着这个严酷但却充满希望的现实，把科学看做是一种纯粹的、超脱世俗的东西的传统信念，看起来在最好的情况下也只不过是一种逃避现实的幻想，而在最糟糕的情况下则是一种可耻的伪善。不过人们向来就是要我们这样看待科学的。许多人会对我们在这里所阐述的对科学的看法感到陌生，还有某些人会感到我们的看法是对科学的亵渎。但是，如果本书能够说明问题的确存在着，而且能够说明科学和社会的繁荣昌盛都有赖于科学和社会两者之间的正确关系，那么写作本书的目的也就达到了。

xvi 在写作这本书的过程中，我得到许多人的帮助，无法一一列举其名。我十分感谢我的朋友们和同事们，尤其是H. D. 迪金森、I. 范库切恩、朱利安·赫胥黎、李约瑟、约翰·皮利、和S. 朱克曼。他们都提出了批评和建议。我得感谢布伦达·赖尔森夫

人、M. V. H. 威尔金斯和鲁赫曼博士为本书提供很多资料、特别是统计资料。后者还撰写了一份关于苏联科学事业状况的附录。最后，我特别要感谢P. S. 米勒小姐为我订正手稿。

1938年9月于伯克贝克学院

第 一 部 分

科学现在所起的作用

第一章　绪　　论

科学面临的挑战

什么是科学的社会功能呢?在一百年或甚至在五十年以前,即使对科学家自己来说,这也会是一个奇怪的,几乎没有意义的问题,对于行政官员或普通公民来说,更是如此。当时,很少有人去考虑科学的社会功能。如果有人考虑这个问题的话,他们当时也认为,科学的功能便是普遍造福于人类。科学既是人类智慧的最高贵的成果,又是最有希望的物质福利的源泉。虽然有人怀疑它能否象古典学术那样提供同样良好的普通高等教育,然而,当时人们认为,无可怀疑的是,它的实际活动构成了社会进步的主要基础。

现在我们有了与此完全不同的看法。我们这个时代的种种困难本身似乎就是这种社会进步所造成的。科学所带来的新生产方法引起失业和生产过剩,丝毫不能帮助解救贫困。这种贫困状态现在和以往一样地普遍存在于全世界。同时,把科学应用于实际所创造出来的武器使战争变得更为迫近而可怕,使个人的安全几乎降低到毫无保障的程度,而这种安全却是文明的主要成就之一。当然我们不可以把所有这些祸害和不协调现象全都归咎于科学,但是不可否认,假如不是由于科学,这些祸害就不致于象现在这个样子。正是由于这个原因,科学对文明的价值一直受到了怀疑,至今仍然如此。至少对比较体面的阶级来说,只要科学的成

果有利而无弊，科学的社会功能就毋庸置疑，不必加以审查。现在，科学既然兼起建设和破坏的作用，我们就不能不对它的社会功能进行考察，因为它本身的生存权利正遇到挑战。科学家们和一些思想进步的人士可能感到：这是不用回答的问题，世界所以陷入目前的状态，完全是由于滥用科学的缘故。但是，现在已经不再可能把这种为科学辩护的论点看作是不言而喻的道理了；科学必须首先接受审查，然后才能够为自己洗刷掉这些罪名。

客观事态的影响　过去二十年的事态不仅仅使普通人改变
2 了他们对科学的态度；也使科学家们深刻地改变了他们自己对科学的态度，甚至还影响了科学思想的结构。三百年来科学领域中理论方面和总看法方面的最重大的变化足以同世界大战、俄国革命、经济危机、法西斯主义的兴起、以及迎接一场更新的、更可怕的战争的准备工作等令人不安的事态相提并论。这看来似乎是一个奇怪的巧合。关于公理学和逻辑学的论战，动摇了数学的基础本身。牛顿和麦克斯韦的物理学被相对论和量子力学完全推翻了，而后者至今仍是人们不甚理解的、似非而是的理论。生物化学和遗传学的发展使生物学面目一新。这些都是在科学家们个人一生中相继迅速发生的变化，迫使他们比前几个世纪的科学家们更加深入得多地去考虑他们自己的信念的根本基础。他们也无法不受外界力量的影响。对所有各国的科学家来说都一样，战争就意味着把他们的知识用来为直接的军事目的服务。经济危机直接影响到他们，使许多国家的科学进展受到阻碍，并使其他国家的科学事业受到威胁。最后，法西斯主义证明，虽然人们本来认为迷信和野蛮行为已经随着中世纪的结束而绝迹了，但是现在，就连现代科学的中心也可能受到迷信和野蛮行为的波及。

是否应该禁止科学？　这一切令人震惊的事实所造成的结

果自然是，科学家自己的思想陷于巨大混乱，人们对科学的估价也发生巨大混乱。有人提出——而且是在英国促进科学协会这样一个令人意想不到的地方提出来的——要禁止科学研究，或者至少要禁止把科学的新发现加以应用。里彭主教在1927年向英国促进科学协会讲道时说：

"……我甚至甘冒被听众中某些人处以私刑的危险，也要提出这样的意见：如果把全部物理学和化学实验室都关闭十年，同时把人们用在这方面的心血和才智转用于恢复已经失传的和平相处的艺术和寻找使人类生活过得去的方法的话，科学界以外的人们的幸福也不一定会因此而减少……"

——摘自1927年9月5日《泰晤士报》第15页。

对理性的背叛 人们不仅反对科学的具体成果，而且对科学思想本身的价值也表示怀疑。十九世纪末叶，由于社会制度面临危机，反知识主义开始抬头了，索雷尔和柏格森的哲学就表现了这种思潮。他们把本能和直觉看作比理性更为重要。在某种程度上，正是哲学家们和形而上学理论家们自己首先铺平了道路，使人 3
们有可能替法西斯主义的思想——在神人般的领袖指导下采用残暴手段的思想——辩护。伍尔夫先生是这样说的：

"我们正生活于这样一个斗争和文明毁灭的时期中。我们在周围到处可以看出，大家熟知的学术上的江湖骗术的征候正在侵入形而上学的思想界。这些征候在表面上虽然可能各不相同，实质上却是一样的。人们把理性视为过时而予以摒弃。如果有人要在人家证明之后才肯相信某一事实，对方就会以太师爷的态度声言人家只配当个一年级小学生，并且罚他照下面的话抄五百遍：'我决不应该要求证明。'美立都之辈责备苏格拉底派和阿那克萨哥拉派信奉亵渎神灵的无神

论。罗马知识分子抛弃了卢克莱修和希腊哲学家，而去学习东方诸国巫师从天启中得到的关于宇宙的真理。有的书由于要求提供证据，或者对某人关于宇宙性质的直觉是否具有真理性表示怀疑就被焚毁，有时还因此把书的作者活活烧死。狄俄尼索斯①的秘术、伊西斯或奥塞利斯②的符箓、对于太阳的崇拜或对于一只圣牛的崇拜，通过凝视自己的脐孔或在早餐前使自己害病而获得的知识、从桌子腿上和从心灵体的外流得到的启示等等在当时都已经证明是洞察宇宙、上帝和绝对真理的本质的一些有效方法。一个人的强烈信仰既然已经成为衡量真理的尺度，竟然还有一些可耻的家伙仍然企图运用自己的理性，而且十分懦弱地承认自己不知道死亡时会遇上什么情况，不知道为什么无数星星会闪耀于空间、不知道自己的狗是否有不朽的灵魂、不知道为什么世界会有邪恶的事、不知道全能的上帝创造宇宙之前在做些什么、也不知道他在宇宙灭亡之后还要做些什么——很难让这样的蠢货进入有识之士和体面的哲人之林。"——《骗术！骗术！》第166页*

这种神秘主义和抛弃理性思维的倾向不仅是群众不安定和政治不安定的标志；而且还深深地渗透到科学结构本身中去。从事实际工作的科学家可能一如既往地坚决予以否定，但是，在十八、十九世纪已经为人们所不齿的一些科学学说、特别是涉及整个宇宙或生命的本质的形而上学的和神秘主义的学说，正在试图重新赢得科学界的承认。

① 希腊酒神。——译者

② 二者均古埃及的神。——译者

* 还可参考L.霍格本教授著：《对理性的背叛》(The Revolt from Reason)。

科学和社会之间的交互作用

我们不能再无视这样的事实：科学正在影响当代的社会变革而且也受到这些变革的影响，但是为了使这种认识多少具有实在的内容，我们需要比以往更仔细地分析两者之间的交互作用。在着手进行这种分析(这是本书主要任务之一)之前，研究一下目前 4
流行的关于科学具有什么性质和科学应该具有什么性质的各种看法，是有益的。存在着两种截然不同的观点，我们可以称之为理想主义的科学观和现实主义的科学观。在第一种观点来看，科学仅仅同发现真理和观照真理有关；它的功能在于建立一幅同经验事实相吻合的世界图象。这和神秘主义的宇宙论的功能有别。只要不忘记它的真正目标，如果它再具有实用价值的话，那就更好了。第二种观点则认为，功利是最主要的东西；真理似乎是有用的行动的手段，而且也只能根据这种有用的行动来加以检验。

科学作为纯思维　上述两种观点是两个极端：两者都有一些变通的观点，而且两者之间还存在着很多的共同点。持第一种观点的人们不承认科学有任何实用的社会功能，或者至多认为：科学的社会功能是一个比较次要的和从属的功能。他们为了替科学的存在辩护而提出的最常见的理由是：科学本身就是目的，科学就是为认识而认识的纯认识。这种观点在科学史上起了重大的、但并不是完全有益的作用。它在古典时代是一种占据支配地位的观点，柏拉图的话对这种观点作了完善的表述：

> “问题在于：学术工作的比较主要和比较高级的部分，究竟是不是便于我们对至善的本质形态加以观照。照我们看来，这是一切事物的倾向。这种倾向强迫灵魂转移到包含着真实

的实在的最幸福的部分的那个领域中去，而灵魂能见到这个真实的实在则是具有头等重要性的。”——《理想国》第七卷。*

现代人在陈述这种科学观时，并没有说它是科学所以有存在权利的唯一理由，而只是说它是科学所以有存在权利的主要理由。他们认为科学是一种手段，可以用来找出答案，以便回答人们在宇宙和生命的起源、死亡和灵魂永存的原由等方面可能提出的一些最深刻的问题。把科学用于这一目的是自相矛盾的；因为这样做就是把科学所“无法”知道的事物，而不是把科学所确立的真理当作有关宇宙的种种论断的根据。既然科学无法说明宇宙如何形成，宇宙想必是由一个有智慧的造物者所创造的。既然化学无法合成生命，生命的起源当然就是一个奇迹。量子力学的不确定性本身变成了人类自由意志论的根据。这样，人们就把现代科学变成古代宗教的同盟军，甚至在很大程度上使它成为宗教的代用品。在伯明翰主教和英奇教长协助之下，通过秦斯、爱丁顿、怀特海和J. S. 霍尔丹的努力，一门新的、科学的神秘宗教正在建立起来。这种宗教的基本观点是：绝对价值在不断地被创造出来，这个演进过程的顶点就是人类的出现。把科学这样地用来为基督教教义辩护在目前的社会中无疑也是科学的社会功能之一，
5 但是这并不能说明为什么要有科学，因为用简单的直觉也能找出同样令人满意和同样无法证实的答案来回答宇宙问题。把科学应用于现代派宗教中，实际上就是明明白白地承认科学在一般文化

---

* 值得注意的是：这一段紧接在讨论科学的军事用途的那段文字之后。在柏拉图看来，科学的军事用途便是科学的用途中最高尚的用途。

“他继续说：很显然，其中涉及战略的部分的确全都和我们有关系。因为在扎营、占领阵地、集中和布署军队时，以及当一支军队在战场上或在行军中进行一切其他活动时，对一个军人来说，自己是否具有几何学知识，情况会大不一样。

但是我却回答说：略知一点几何学和计算方法就足以应付这些情况。”

中的重要性。任何宗教观点都至少得要用科学术语来加以阐述而且要不违背当代科学理论的确凿成果，否则这种宗教观点就不可能在知识界站住脚。

理想主义的科学观的最温和的变种认为：科学简直就是人们的智慧和教养的不可分割的一部分，当代科学知识也和当代文学知识一样为上流社会所不可缺少。当然，事实上，至少在英国，情况决不是这样的，不过教育家们往往想单单用这种理由来为科学的存在辩护，从而把科学融化到一般人文主义中去。例如，伟大的科学史作家萨尔顿就发出呼吁，要求把科学人道化：

"要想使科研劳动人道化，唯一的办法是向它灌注一点历史精神，即崇敬过去的精神——崇敬世世代代一切良好意愿的见证人的精神。不论科学变得多么抽象、它的起源和发展过程本质上都是同人道有关的。每一项科学成果都是博爱的成果，都是人类的德性的证据。人类通过自身努力所揭示出来的宇宙的几乎无法想象的宏大性，除了在纯粹物质的意义上以外，并没有使人类变得渺小；反而使人类的生活和思想具有更深刻的意义。每当我们对世界有了进一步理解，我们也就能够更加深刻地认识我们和世界的关系。并不存在着同人文科学截然对立的自然科学；科学和学术的每一门类都是既同自然有关，又同人道有关。如果你指出科学对人道的深刻意义，科学研究就变成了人们所能创造的最好的人道主义工具；如果你排除了这种意义，单纯为了传授知识和提供专业训练而教授科学知识，那么学习科学，就失去了一切教育价值了，无论从纯粹技术观点来看其价值有多大。如果不结合历史，科学知识就可能危及文化；如果把它同历史结合起来并用崇敬过去的精神加以节制，它就会培育出最高级的文

化。"——《科学史和新人道主义》第68页。

这种对科学功能的看法和古典哲学家们的观点的共同性在于：两者都认为，科学是单纯的智力活动，同客观宇宙有关（这一点是千真万确的），而不涉及数学、逻辑学和伦理学的更纯粹的观念，但仍然是以严格的观照方式研究宇宙的。尽管许多科学家本身都持有这种观点，它本质上是自相矛盾的。假如科学的功能在于为了观照宇宙而去观照宇宙，那么我们今天所说的科学根本就不会
6 存在了，因为极其粗略地阅读一下科学史就会知道：促使人们去作科学发现的动力和这些发现所依赖的手段，便是人们对物质的需求和物质工具。人们所以如此成功地并且如此长期地坚持这一观点，只有一个解释：科学家们和科学史家们忽视了人类的全部技术活动，尽管这些活动至少也如同伟大的哲学家们与数学家们所从事的抽象思维一样，和科学有许多共同点。

科学作为一种力量　与上述看法对立的观点把科学看作是一种通过了解自然而实际支配自然的手段。这种观点虽然遭到反对，但却普遍存在于古典时代。罗吉尔·培根和文艺复兴时代的人们明确地指出这种观点是希望的所在，不过最先以现代方式对这一科学观加以充分阐述的是弗朗西斯·培根：

> "人类获得力量的途径和获得知识的途径是密切关联着的，二者之间几乎没有差别；不过由于人们养成一种有害的积习，惯于作抽象思维，比较万全的办法还是从头开始，阐明各门科学是怎样从种种和实践有关的基础上发展起来，其积极作用又怎样象印戳一样，在相应的思辨上留下印记并决定这种思辨。"

至少有两百年，这一直是占统治地位的科学观。

"那么培根对自己提出了怎样的目标呢？用他自己说过的

一个强调的词来说，便是"果实"，这便是增加人类幸福和减轻人类痛苦。这便是改善人类的境况。……这便是不断为人类提供新方法，新工具和新的途径。这便是他在科学的一切部门，在自然哲学、立法、政治和道德等方面所进行的一切思考的目标。培根的理论的关键就是"功用"和"进步"两个字眼。古代哲学不屑于对人有用，而满足于保持停滞不前的状态。它主要研究道德完美的理论，想去解决无法解决的谜团，想去规劝人们到达无法达到的心理境界。这些理论是如此崇高，以至于永远不过是理论而已。它无法屈身从事为人类谋安乐的低贱职能。一切学派都把这种职能看做是有失身分的；有的甚至斥之为不道德的。"

麦考利在维多利亚时代的第一年便是这样写的。正像在当时绝大多数持进步观点的人们一样，他认为，科学的功能便是普遍造福于人类：

"随便问一个培根的信徒，新哲学(在查理二世时代，人们是这样称呼科学的)为人类做了什么，他就会立即回答说： 7
'它延长了寿命、减少了痛苦、消灭了疾病、增加了土壤的肥力、为航海家提供了新的安全条件、向战士提供了新武器、在大小河流上架设了我们祖先所不知道的新型桥梁、把雷电从天空安全地导入地面、使黑夜光明如同白昼、扩大了人类的视野、使人类的体力倍增、加速了运行速度、消灭了距离、便利了交往、通信、使人便于执行朋友的一切职责和处理一切事务、使人可以坐着不用马拖曳的火车风驰电掣般地横跨陆地、可以乘着逆风行驶每小时时速十浬的轮船越过大洋。这些只不过是它的部分成果、而且只是它的部分初步成果。因为它是一门永不停顿的哲学，永远不会满足、永远不

会达到完美的地步。它的规律就是进步。昨天还看不到的一点就是它在今天的目标，而且还将成为它在明天的起点。'"——《论培根》。

幻想的破灭 一位现代的麦考利对于科学的成果会有不同的、更有说服力的看法。他可以指出现在人类已经有了一百年前根本无法想像的物质享受和力量、现在人类在征服疾病方面已经取得了真正伟大进展、现在人类已经有可能永远免受饥馑和瘟疫的威胁，但是他将不得不承认：如同古代道德学解决不了人人有道德的问题一样，现代物质科学在事实上也解决不了普遍富裕和幸福的问题。战争、金融混乱、千百万人所需要的产品被人甘心情愿地毁掉、普遍的营养不良现象、比历史上的任何战争都更可怕的未来战争的威胁等等，这些都是我们在描绘现代科学成果时必须指出的现象。所以无怪乎科学家们自己也越来越不相信科学发展本身会自然而然地使世界变好一点了。例如，艾尔弗雷德·尤因爵士1932年以主席身分向英国促进科学协会致词时就说过：

"我们感到，当代思想家们对所谓机械的进步的态度已经有了变化。赞美之中兼有批评；满足的情绪已让位于怀疑的心理；怀疑又变成了惶恐。正如一个人走了一大段路之后才发现自己拐错了弯一样，大家都存在着彷徨失望的情绪。要回头走是不可能的：以后怎样继续走下去呢？如果沿着某一条路走下去，会走到什么地方呢？一位鼓吹应用机械的人士表达了幻想破灭以后的某些失望情绪还是情有可原的。他此刻正以这种情绪冷眼旁观着过去使自己感到无限喜悦的新发现和新发明的壮观行列。人们不可能不问：这个宏大的行列将走向何方？究竟它的目标是什么？它对人类的前途可能产生什么影响？

这个壮观的行列本身就是现代的事物。一个世纪之前，
它才初具规模，还没有取得今天使我们相当敬畏的势头。众 8
所周知，工业革命是从英国开始的；英国在一个时期中，一直是世界工厂。但是不久新的习惯不可避免地蔓延开来了，现在所有的国家，甚至中国也多少有点机械化了。工程师的丰硕成果遍及全世界，把过去从来没有过的、也从来不敢想象的人才和力量赐给世界各地。这些礼物当中有不少无疑是有益于人类的，使生活内容更为充实，使生活面更为广阔，使生活更为健康，使生活享受品和乐趣更多，使生活中更加充满物质所能促进的一切幸福。但是我们深深地明白：工程师的才能已经被严重滥用而且以后还可能被滥用。就某些才能而论，既存在眼前的负担，也存在潜在的悲剧。人类在道德上，对这样巨大的恩赐是没有准备的。在道德缓慢演进的过程中，人类还不能适应这种恩赐所带来的巨大责任。在人类还不知道怎样来支配自己的时候，他们已经被授予支配大自然的力量了。

我没有必要详细论述现在迫切要求我们注意的各种后患。我们知道：在国与国的关系中，就象在人与人的关系中一样，为了保持和睦，就得把自己的自由稍微牺牲一点。如果要使世界维持和平并且让文明存在下去，就得放弃对于国家主权的普遍偏爱。地质学家们告诉我们：他们能够从进化史中查出某些已经灭种的物种的痕迹。这些物种正是由于拥有充足的和有效的防身器官和攻击器官才遭到灭亡的。这里包含着一个应该在日内瓦加以考虑的教训。不过，生活的机械化还有另一个方面，也许不那么为人所熟知，我愿冒昧地在这里最后谈一谈。

不但在工业生产中，而且在我们的一切工作中，甚至在耕地这种简单的工作中，机械都越来越代替了人力。其结果，人类就发现：一方面他们有了原来做梦也没有想到的无数财产与机会，另一方面，他们在很大程度上也被剥夺了一个无法估计的福份，即劳动的必要性。我们发明了能进行大量生产的机器，并为了降低单位成本而大规模发展生产。机器几乎是自动地不断吐出产品．工人在创造这些产品时并不起什么作用。他们已经丧失了工匠的乐趣、丧失了过去在认真运用自己的技艺、仔仔细细创造产品的过程中所感到的快慰。他们还常常遇上失业，而失业比做苦工还要悲惨。虽然各国都力图建立关税堡垒以便至少保住国内市场，生产过剩的互相竞争的商品仍然充斥全世界。……

有些人的确一片好意，诚心诚意地要帮助人类利用自然资源，但是我们必须承认：即使是他们的这种和平性质的活动也有其坏的一面。

补救之道何在？我是不知道的。有人可能设想出一个遥
9 远的乌托邦。在那里，劳动和劳动果实都得到完善的调节，就业机会、工资收入和机器所生产的一切产品都实行公平分配。即使做到这一点，问题还照样存在。人类把差不多全部的劳动担子都推给不知疲倦的机器奴隶之后，如何去消磨自己得到的余暇？他们敢不敢希望自己在精神面貌上取得极大进步，以至学会妥善使用空闲时间呢？上帝是允许他们争取并达到这一目的的。他们只有通过探索才能找出办法来。我决不认为人类由于培育了工程师的创造才能就注定要衰亡。毕竟，这种才能是人类同上帝最相象的才能之一。”——《自然》杂志，第130、349，1932年版。

出路 有些人对挽救不可救药的人性感到完全绝望而放弃科学事业。另外一些人则更加潜心从事实际科学工作，根本不去考虑它对社会所产生的一切后果，因为他们已经事先知道这些后果可能是有害的。G. H. 哈迪关于纯数学有一句名言，只有极少数幸运儿才能象他这样说：

“这一科目毫无实用价值；这就是说：不能直接用它来毁灭人的生命或者用它来加剧目前财富分配不均的现象。”

不少人接受了一种主观的而又有点玩世不恭的观点，认为从事科学就是象打桥牌或猜字谜，不过对热衷于此道的人来说，比打桥牌或猜字谜更有刺激性更有趣而已。从某种意义来说，这种观点肯定是有些道理的。任何一位从事实际工作的科学家，都必须真正能欣赏自己所从事的具体工作并感到乐在其中。这种欣赏本质上无殊于艺术家或运动员对自己的活动的欣赏。卢瑟福过去一直把科学区分为物理学和集邮两类，不过要是把这个类比贯彻到底的话，就要把它简化为“摆弄机器”和搜集邮票了。

科学对社会的重要性 上述这些主观的看法并不能向我们说明整个科学的社会功能是什么。我们不能指望仅仅通过考虑科学家怎样看待自己工作和他们希望别人怎样看待他们的工作而找到答案。他们可能对自己的工作感到乐在其中，可能感到这是一种高贵的职业，或者是一种有趣的消遣，不过这并不能说明为什么科学在现代世界中得到巨大发展，也不能说明为什么它会成为今天世界上许多最能干最聪明的人们的主要职业。

科学显然已经取得了巨大的社会重要性。这种重要性决不单单是由于对智力活动的任何估价而产生的。科学现在肯定不是直接用于造福人类的。我们有必要去查明，科学实际上被用于什么目的。这项研究属于社会和经济性质而不属于哲学性质。

10 **作为劳动者的科学家** 我们必须认识到：科学之所以能够在它的现代规模上存在下来，一定是因为它对它的资助者有其积极的价值。科学家总得维持生活，而他的工作极少是可以立即产生出产品来的。科学家有独立生活资财或者可以依靠副业为生的时代早已过去了。用前一代的一位剑桥大学教授的话来说，科学研究工作已经不再是“供一位英国绅士消遣的适当工作”了。美国若干年以前进行的一次调查统计说明，在这个国家的二百名最著名的科学家当中，只有两个人是富有家财的，其余的人都担任有报酬的科学职位。今天的科学家几乎完全和普通的公务员或企业行政人员一样是拿工资的人员。即令他在大学里工作，他也要受到控制整个生产过程的权益集团的有效控制，即令不是在细节上受到控制，也是在研究的总方向上受到控制。科学研究和教学事实上成为工业生产的一个小小的但却是极为重要的组成部分。*我们就是要在它对工业的贡献中来找寻科学当前的社会功能。

以盈利为目的的科学 包括特殊的政府军事工业和最古老的产业（农业）在内的工业的发展历史显示：朝着提高生产效率，因而也就是朝着提高利润的方向改变工业生产过程的重要工作，目前几乎完全是通过把科学加以应用来进行的。随着科学的应用而产生的三大技术上的变化是：生产自动化不断提高、由于杜绝浪费而使原料得到更好利用、由于周转加速而节约投资费用。不过自动化机器资本费用的不断增加大概可以抵销最后一个变化的效果而绰绰有余。一般说来，结果总是生产的经营成本降低。更常见的情况是，经营成本不变但却扩大了生产。因而科学就成为

* 医学可以说是例外，不过在这一方面，可以把现代卫生设施的巨大发展看成是保护众多而密集的工业人口的必要因素。

其他降低成本的办法——工业组织管理、提高工人劳动强度或降低工资等——的补充。利用科学的程度取决于科学同上述其他办法比较之下的相对优点。这些优点是实实在在的，但有其局限性，不过由于生产者的保守性，这些优点并没有得到充分利用。所以，不管科学在发展过程中受到多大的阻碍，要不是由于它对提高利润有贡献，它永远不可能取得目前的重要地位。假如工业界和政府的直接和间接补贴终止的话，科学的地位会立即变得起码和中古时代一样低。根据这个实事求是的考虑，人们根本没有可能象伯特兰·罗素等唯心主义哲学家们所希望的那样，一方面不断发展科学，另一方面又不同时发展工业。把工业在供应仪器设备和 11
提出有待解决的问题方面对科学所作的巨大贡献撇开不谈，科学也不可能从任何其他来源获得充分经费。在社会主义经济中，这种联系会继续存在下去，因为在那里，随着科学为利润服务的弊病的消除，为了造福人类而最大限度地发展生产就变成头等必要的大事了。这样就有必要使科学同工业、农业和卫生事业空前紧密地结合起来。

科学机构 在前一个世纪中，由于工业和科学之间具有这种联系，科学已经不知不觉地成为一个可以同宗教或法律机构相提并论、甚至更为重要的机构了。它也同另两种机构一样，是依存于现存的社会制度的。它的人员主要也是从同一部分居民中来吸收的，它还浸透了统治阶级的思想。不过它也在很大程度上有了自己的组织系统，自己的历史和自己的观点。人们通常很容易把这种科学机构的继续存在视为理所当然的；由于科学同工业联系在一起，在过去取得了如此巨大的进展以后，人们就认为这种进展会自动地继续下去。其实认为科学会继续发展不见得比认为工业会持续发展更有道理。过去短短几年的事态表明：根据自己

对近年趋势的肤浅考察去预测经济发展前途是多么靠不住。应该有一个更为深刻而长远的观点。

科学能够存在下去吗? 我们已经看到各种机构在历史进程中产生、停滞不前和消灭的过程。我们怎么知道科学不会遇到同样的命运呢?事实上,在现时代以前,历史上也有过一次极其伟大的科学运动,那就是古希腊时代的科学,它也有过自己的机构,但是早在孕育它的那个社会本身毁灭之前,它就消失了。我们怎么知道现代科学不会遇上同一情况,而且的的确确在此刻还没有遇上同一情况呢?在回答这些问题时,只去分析目前科学的状况是不够的。要了解整个科学史才能作出完满的回答。不幸,还没有人写出或者还没有人准备写出一部科学史,来叙述科学作为一种与社会和经济情况有关的机构的历史。现有的科学史只不过是伟大人物及其成就的一种虔诚的记录,也许用来鼓舞青年科学工作者是适宜的,但是用它来了解科学作为一种机构的成长情况则不相宜。不过如果我们要了解象目前所存在的科学机构的意义和它同其他机构以及同一般社会活动的复杂关系,我们就必须设
12 法写出这样一本历史。指明科学的前途的线索在于它的过去。不论多么草率,我们只有在考察了它的过去以后,才能够开始判断:科学现有的社会功能是什么和科学可以有的社会功能是什么。

第二章　科学的历史概况 13

科学、学术和手工艺

我们现在所说的科学是比较晚近的产物。它在十六世纪才具体形成，但是它的根源可以一直追溯到文明的萌芽时期，甚至可以进而追溯到人类社会的起源期。现代科学具有双重的起源。它既起源于巫师、僧侣或者哲学家的有条理的思辨，也起源于工匠的实际操作和传统知识。直到现在，人们重视科学的前一方面远远超过后一方面，结果，科学的整个发展就显得比实际情况更富于奇迹色彩。人类的理论活动和实践活动的交互作用是帮助我们理解科学史的一把钥匙。

原始的科学　毫无疑问，科学的这两方面曾经一度集中于同一个人身上，那时人人身兼巫师和工匠两职。原始生活的巫术方面和技术方面都有同一目标：要主宰外部世界，不管他们对这个外部世界是怎样设想的；要取得食物并且避免痛苦与死亡。我们现在所使用的技术，至少有三分之一肯定是旧石器时代人类的技术：打猎、设置陷阱、烹调、制革、皮毛加工、石料、木料和骨料的加工，绘画。这一切都比动物阶段有了巨大进步，而且是靠了社会和语言的发展才做到的。可是人类同自然界最早的接触几乎谈不上有什么科学性质。人类在最早同自然界接触的时候，一定是先接触到自然界中同他有最直接关系的事物，即他自己的那一群人，他需要用来作为食物和用来加工制成其他产品的动植物。

我们现在知道：这些是自然界中最复杂的部分，我们至今在很大程度上还无法用纯科学技术加以控制。所以，太古人以大不相同的方法来应付它们是不足为奇的，而且事实上也是绝对必要的。实际上，应付其他的人，动物和植物的办法就是依靠社会的生产性协作，逐渐改良人本身的动物行为机制。在另一方面，理论则是随着语言而开始产生的纯社会的产物。因此，最初人们不可避
14 免地要从社会行为的角度来解释外部世界，也就是说，把动植物甚至无生命的东西都看作是人，理应受到部落非正规成员的待遇。在这个阶段中，逻辑和科学思想不仅是不可想象的，而且也是毫无用处的。

农业和文明　随着农业的产生就发生了人类社会中的第一次大革命。它开始于近东的某一小小的地区，然后缓慢地扩大到世界其他部分去。这个缓慢过程至今仍在继续之中。农业和一些新技术密切相关——驯养家畜，纺织，陶瓷生产和不久以后随之产生的对金属的利用。由于农业的发明而破天荒第一次有可能建立起来的两种社会结构，即贸易和城镇，对科学的发展更为重要。一种生产食物的新方法可能而且的确常常生产出一定数量的剩余食物，可以贮存和运输而不变质，这样就使越来越多的人有可能脱离生产食物的劳动而生活。这也使人们有可能到远处去觅求非食物的其他物质（开始时是孔雀石和琥珀之类的巫术用物品，接着是金属和建筑材料，）并运往农业中心。这样，贸易的办法就从更原始时期的礼仪性质的礼品交换中不知不觉地产生出来了。可是即使在物物交换的情况下，贸易也需要某种标准，于是度量衡和数第一次有了重要的实用价值。随着度量衡和数的使用，也就有可能把智力活动直接用于实用目的，这样就产生了一种并不是完全脱离实践的理论。度量衡和数需要有比记忆力更牢靠的记录，

因而就产生了书写的技术。它开始时用于记帐，进而用于一切记录，并且使社会具有了在时间上前后连贯的面貌。从此，社会就再也没有丢失这种面貌。不久一切现代的贸易形式——信用、汇票、贷款和利息——就产生了，随之又产生了相应的数学。所以至少早在公元前4000年，商人和他的职员就已经必需拥有相当完备的算术和代数知识。*

城镇和工匠　后来，贸易使许多村庄连成一片，不久就出现了城镇。城镇依靠许多村庄的余粮过活，并生产工具和奢侈品来同乡村交换。在城镇里，手工艺、特别是冶金工匠的新工艺，在经常很急迫的武器需求的刺激下，有了发展的机会。因为这时农业已有可能累积大量剩余粮食，战争和征服变得有利可图了。这些古代的城镇工匠约在公元前6000至4000年之间为我们留下了至今仍在使用的大部分生活技术：设有房间和炉灶的永久性的木 15
石砖瓦结构房屋，浴室和排水设备，有轮子的车辆和船只，以及最简单的机器：斜面、滑轮、机床和螺丝。所有这一切都需要人们对力学和物理学有相当的了解。至于冶金工匠，他们还需要懂得化学。我们不知道人们当初对科学的理解是清清楚楚的，还是含含糊糊的：我们除了看到他们生产的物品外，没有看到什么记录。不过在公元前4000年至公元1500年之间那些技术相对停滞不前的局面说明，促成这些技术的产生的科学知识可能比我们所知道的要多。因为在那期间，尽管文明屡经变迁，除了数量和样式之外，技术传统大部分都原封未动地保存下来。

僧侣和工匠之间不幸的分家　当然，可能是由于文明的创

---

* 要想深入研究早期科学史的这个方面和其他方面，可参看戈登·蔡尔德教授所著《人类创造了自己》(Man Makes Himself)和他在《现代季刊》(Modern Quarterly)第2号中的文章。

造者已经十分妥善地找到了解决生活主要问题的办法，因而就没有什么力量推动后来人去加以改变。阻挠发展的可能是连绵不断的战争和不安定，不过另一个原因可能是：随着城市的兴起，实干家工匠和词令家僧侣之间第一次开始分家了。在许多世纪中，文字工作几乎完全是由僧侣包下来的；僧侣们的生活优于工匠而且更受人尊敬，因而能吸引最有才智的人。对生活有保障、毋需关心世俗之事的人来说，神学和形而上学是一种游戏，就象科学那样的有趣。理论家和实干家之间的界限一旦确立，物质上的进步和科学的发展都会变得困难、不肯定而且容易衰落。

天文学 幸而理论和实践还能继续在天文和医学两个领域里相遇。天文学对农业这项根本性工作、对制订历法都有实用价值，商人和航海家也需要利用天文学来区别星座以便导航。但是决不能让农民或商人自己去掌握天文学；它不但过于艰深，而且涉及上界之事，涉及掌握人类命运的神的领域。因而必须让僧侣们去解释和预告神的意志。占星术推动了精密而系统的观察，大大有助于天文学和一般科学。天文学是初等数学可以对外部世界现象给予有效解释的唯一领域，当时，只运用智力还不足揭开工匠活动中所包含的过于复杂的科学道理，不过天体的运动似乎是
16 完全按几何学规律进行的，可以加以推导。这就需要进行观察和计算，而且也需要在各地都驻有天文学家长期进行工作，期限之长远远超过一个人的生命（这一点对我们的研究目的来说是很重要的）——这种情况就意味着需要有大帝国和稳固的政府。作为一种机构的科学事业是在寺院的天文观察所中诞生的。众星的运动是有规律的，行星和月球的运动极为复杂，迫使天文学家们进行愈来愈艰苦的努力来加以解释。几何学的主要轮廓就是在这个过程中完成的。

医学　医学的情况就不那么幸运了。人们对于某种医治疾病的方法的需要比对于天文学的需要更为急迫，不过医疗取得成功的机会必然要少得多。在上一世纪中叶以前，医生实际上还不可能明白自己为了行医所必须了解的基本生理学和化学现象。的确，在外科方面可以采取一些有效的措施，在护理方面也可以运用某种常识，所用药物的一小部分偶而也可能有些好处*。不过，尽管医生有学问，他作为一个医务人员的主要任务仍然是使病人怀抱希望并使家属觉得尽了责任。由于医生侍候的是有钱有势的人，所以一开头医生就是从有特权和有知识的阶级中选拔的。由于有这样的出身，他们也的确想把他们的实践上升为某种理论。假如我们把希波克拉底药典等极少数有见地的著作除外的话，这些理论就都是一些比神学或哲学还可悲的胡思乱想，不过它们到底还是研究科学的一种尝试，我们的生物实验方法和科学教育制度在很大程度上应归功于这些医生们。

希腊人和科学　随着希腊文明的兴起，有一段时间似乎可能已经产生了我们今天所说的科学。早期的希腊人，特别是埃奥尼亚地方的希腊人，本身都是出身于海盗的商人。他们既对实用感兴趣，又对理论具有孩子般的好奇心。这两种品质对于澄清我们对宇宙的认识是大有好处的。希腊人当然不是直接去探索宇宙的。他们只是不择手段地去获得古代世界的一切技术。他们有一个极大的有利条件，就是他们刚刚开始接触到这些技术，还有新鲜之感；因此，他们从一开始就可以撇开纯属传说和纯属神秘的东西，挑选出有用的、有启发性的东西。最近的研究告诉我

---

* L· 霍格本教授在《大众科学》(Science for the Citizen)第777—778页中提出同样的论点。

们：古希腊人的科学成果极少是纯由他们创始的，很多是直接从巴比伦人和埃及人那里引进来的。例如，希腊人的天文学成就是在别人进行了几百年有系统观察的基础上取得的，而在那几百年
17 中，他们还仅是毫无教养的野蛮人。

哲学家们支配下的科学 但是理论家和实干家之间不幸的分家很快就变得十分明显了，到第五世纪，这种分家在希腊比在古代近东国家更加泾渭分明。这时，希腊人还在继续消化外来思想并在技术上取得某些进展，不过却得不到有权势者的赞助了。希腊各城邦已经把政治当作仅次于贸易和战争的切身大事了。为了从事政治活动，掌握语言技巧变得比掌握事物原理更为重要了。希腊人的最伟大的天才都是善于冥想的人物；他们设法理解客观世界，但仅仅是为了敬慕永恒的真理，苏格拉底和柏拉图对于利用人的智慧去促成变革，都感到深恶痛绝；他们从城邦之间和各城邦内部各阶级之间的毁灭性斗争中，看到了太多这类变革了。所以柏拉图写道：

> "人们从事科学是为了认识那永恒的事物，而不是为了认识暂时出现、但不久就消失的事物。"——《理想国》第七卷。

希腊文化复兴 随着亚历山大帝国和以后的希腊式城邦的建成，就开始发生了对这种观点的某种反动。亚历山大大帝的导师亚里士多德在自己的全面哲学中把实用因素和形而上学的因素结合起来，虽然他仅是通过后一因素对后代产生了影响。希腊的君主们喜欢比较实用的科学。这时的确也是希腊力学和数学的伟大时期，不过需要解决的问题是十分有限的，实际上只限于建筑和军事工程。围攻战和海战对机械制造技术提出了很高的要求。力学是天文学之后最容易以数学形式表述的学科。阿基米德本人

就是一个伟大的技匠。他的工作表明：希腊人至少已完全掌握了静力学的原理了。

不过，我们认为更重要的是这样一个事实：在亚历山大城，科学工作破天荒第一次组织起来了，而且是由国家来组织的。亚历山大城博物院是图书馆，大学和研究院三位一体的结合体；科学家由国家供养，再不必到各处去觅求衣食了。这个博物院的工作不久就蜕化变质，陷入故弄玄虚和神秘主义的泥坑。它依赖向君王们提供劳务存在下去。君王们的需要是很容易加以满足的；总有一大群奴隶随时准备去完成需要花费气力的工作。这一经济 18
发展的时期也好景不长，各城邦不久就转入守势，希腊科学的最有前途的特证之一，对外国的好奇心，也消失了。只有文学、哲学和一点天文学存在下来。

伊斯兰教　不过，虽然博物院蜕化变质而且不复存在了，建立这样一个机构的想法却继续传下去。在科学史的下一时代，即伊斯兰教称霸的时代（那个时代把不出成果的罗马帝国时代丢在一旁），几所类似的机构设立起来了而且也兴旺过一个时期。当伊斯兰科学事业方兴未艾之际，促成希腊科学事业的那种既对实用发生兴趣又对理论发生兴趣的现象又重新出现了。伊斯兰教远远比希腊哲学更带有注重物质的倾向。最受尊敬的穆斯林不是农夫，战士，僧侣或哲学家而是有道德的商人。阿拉伯人大事搜罗希腊、波斯和印度的比较带有理论性质的著作，但是他们也注意收集手艺人的，特别是药剂师和金工工匠的著作。炼金术对化学所起的有力推动作用不下于过去占星术对巴比伦天文学所起的作用。化学同天文学与数学不同。这是一门只有通过逐渐积累实验结果才能加以掌握的学科。它并不需要用全面的理论加以圆满解释。事实上，早期的化学理论并没有对古代冶金工匠操作过程中

包含的道理作出什么重要的说明。当讲求实效的化学家想要取得某种结果时，他明白该怎么办，不过他却不可能知道自己的方法所以奏效的真正原因。

中世纪 伊斯兰和希腊的科学知识传入还处于野蛮状态的中世纪西方的过程是缓慢的。在很长一段期间，它在那里完全没有用武之地。开头，人们更需要的是通过阿拉伯文译本传入的希腊哲学著作，接着才对比较具体的科学成就有所需求。西方人先是输入东方工匠和商人的产品——丝绸，钢铁，宝石，香料和药品，过了好几百年才尝试同样地生产这些产品，才尝试去发现这些产品的来源地。我们只偶尔在学者中间（例如大阿尔伯特和罗吉尔·培根）发现有人对科学的重要性及其对人类的价值有所觉察。中世纪的社会已经摆脱野蛮状态，建成了相对稳定的社会制度了，不过这个社会制度却是以一种原始的经济为基础的，因而也不需要先进的科学，更不能为先进科学提供发展机会。并不是说没有什么发明创造，而是说这些发明无从发展起来。在意大利有人在十三世纪就发明了同哈格里夫斯式纺纱机基本上相似的纺织机，并且实际投入了使用，但是，不久行会就因其危及手工业
19 者生计而予以禁止。

中世纪社会正是由于十分成功地造成了停滞不前的状态因而也使得这种状态变得不稳定起来。社会秩序和安定有助于贸易，贸易使财富积累起来。财富的积累又同封建政府的经济不相适应。裂痕首先发生于意大利，现代的科学也是在那里诞生的。文艺复兴的经济方面和学术方面相互密切地发生作用。工商业仍照传统方式迅速发展，在此同时又重新发现了哲学的希腊本源，附带地也发现了科学的希腊本源。

现代科学的诞生——科学和贸易

理论与实践之间的不幸差距虽然还相当大，但在某些方面却弥合起来了。优秀的工匠依靠自己的手艺出了名，甚至跻身于富人之列。某些有学问的人和某些贵族竟然肯对机械技巧感到兴趣了。在文艺复兴时期的意大利城市里，画家、诗人、哲学家和从希腊流浪来的学者都聚集在银行家或巨商的宅第中。科西莫·德·梅迪契于1438年在佛罗伦萨创办了第一所现代科学院、它固然仅是一个柏拉图式的学园，但却无疑是一个冲破了经院界限的科学院，而且还是以后接着成立的许多科学院的典范。希腊和伊斯兰科学事业初创时的条件在这里也具备了，不过却存在着一个重要的差别。西欧是一个比较贫穷而且人口稀少的地区；它的统治者一心想发财致富，但都缺乏发财致富的天然手段。采掘贵重金属、战争和无殊于海盗行径的海外贸易是最现成的手段。可是中世纪的基督教世界却极度缺少古代帝国的那种人力资源。

发明才能和学术的结合　发明才能就是在这时身价倍增。起初这种才能仅是工匠或水车工人的天然才具。小规模的采矿公司想要不吸收新的合伙人或者不支付雇佣工人的沉重工资，又能排水采掘矿砂，就只好自己去发明新机器来进行工作。不过后来，当封建王侯或巨商变成矿山、铸造厂和船只的主人时，他们自然要求助于有教养的人们，即技匠和数学教授们，或者不如说后者 20
乘这个机会毛遂自荐。下面列举的列奥纳多·达·芬奇写给米兰公爵的信（边码第167页）可以作为一个烩炙人口的例子。他在信中提出要制造一大批各式各样新式军用机械，要去管理排水和土木工程。并且还添了下面一句话作为补充：“我善于雕刻大理石像、铜

像及石膏像；我的绘画能力亦不亚于任何人。”实际上，他大概是由于仪容和歌唱能力而受宠。这事本身说明廷臣、学者、军人和机械匠等行业是多么接近。这一情况在中世纪是不可能存在的，在古典时期的古代，也同样是不可能的。

技术进步 技术发展本身必然是缓慢的，这并不是由于个人无法改进它，而是由于他们无法将这种改进传给后人。由于保密的必要性，由于个人技能无法传授，由于在行会支持下不那么成功的对手们的嫉妒愈形加剧，技术发展慢得无以复加。更有力的因素也许就是无法找到足够的资金来实施新的生产方法。什么地方有一批受过科学和数学训练的人，通晓历史，得到当代最重要的保护人的支持，而又对于手工业加以注意，什么地方就一定会出现崭新的前景。在科学院工作的科学家从一开头就没有工匠们所遇到的种种困难。他们身为王侯或富翁的谋士，因而可以激发起王侯或富翁的兴趣，使他们愿意推行各种计划而不顾行会的反对。

在手工艺知识基础上建立起来的科学 不过哲学刚刚进入实用领域时对生产方法所产生的影响并不大，相形之下，由于人们研究这些生产方法而对现代科学的发展产生的影响反而更大一些。有学问的人不仅对自然感到兴趣，对人类的劳动产品也感到兴趣，而且他们并不是以希腊人的纯粹思辨的方式来这样做，而是力求改善劳动产品以造福人类，起码也是要为他们的保护人谋利益。一位人文主义学者阿格里科拉的毕生工作便是这一过程的典型例子。他是梅朗克松和艾拉斯谟的朋友，毕生从事于矿工生涯的研究，自己也成为一个矿主，还写了一篇有关采矿问题的著名论文，题为《金属学》，内容持平而全面。在它以前和以后的技术手册没有一本比得上它。他对矿工和铁工的传统操作技术所作的描述，为科学的地质学和化学打下了基础，但是历史并没有载明他对矿

业的兴趣使矿业发生了什么具体变化。事实上在工业革命时代以前，十六和十七世纪的科学研究成果始终没有转化为技术，只有 21
一个例外——航海事业*。

意大利和第一批科学学会　最初，文艺复兴时代的科学家都是单独工作的，或是几个人在某一大学城或者某一王侯的宫廷中偶尔碰在一起共同合作的。他们通过函件互通情报。由于他们人数极少，谁都能够很快地获悉任何一项新发现或新理论。大家一开头就有通过合作来更有效更迅速地取得进步的愿望，可是实行起来却不容易。意大利仍然遥遥领先。除了刻卜勒之外，十五、十六和十七世纪初叶的大发明家全是意大利人或是意大利培养出来的人。有一个时期，在欧洲只有意大利的大学，特别是帕杜亚大学和波伦亚大学不具有明显的经院倾向和反科学的倾向。1601年在罗马建立了第一所科学研究院林切研究院。不过不到三十年，意大利就让西班牙夺去了它在精神上和政治上的独立，又让北欧国家夺去了它在商业上的霸权，因而也肯定地放弃了它在科学活动上的领先地位。

荷兰、英国和皇家学会　北方各国的情况则有所不同。它们是方兴未艾，而不是日薄西山。由伟大王公来提倡科学的时代已经过去了；商人和制造商的时代即将到来。先是荷兰，接着是英国，都开始关心新的学问。因为新学问对于航海事业和作战已经作出很大贡献**，人们还希望它对各行各业也会同样地有用。发

---

* 弹道学可以自称和航海术共享这种光荣，不过虽然包括伽利略和牛顿在内的所有大科学家花了大量时间对它进行研究，他们的一切聪明才智对具体炮手是否有用殊堪怀疑。（参看边码第169页）

** 参看边码第169页，布鲁日市的史特维纳斯是沉默的威廉的秘书。他是第一个科学家出身的行政官员。他通过自己的技术和经济措施对联合省（译按：荷兰原处于西班牙治下，那时称为联合省）争取独立的事业所作出的贡献不亚于任何人。

展新科学的工作不能交给赞助人或大学去管；这项工作应当由团结一致相互支援的有身份的科学家们自己担任起来。因此，1645年在英国产生了一个"无形的学院"。它在王政复辟之后成为皇家学会。1631年在巴黎埃田恩·帕斯卡尔厅举办的私人性质的讨论会，也同样在1666年被承认为皇家科学院。培根曾经是这些事业的先驱。这些机构从一开始就具有《新大西岛》的强烈的实用目的。正如雷恩所起草的皇家学会章程草案所说的那样：

"……我们明白，再没有什么比提倡有用的技术和科学更能促进这样圆满的政治的实现了。通过周密的考察，我们发现有用的技术和科学是文明社会和自由政体的基础。它们通过奥菲士①的魔力把众人组织成城市，结合为行会。这样，
22 通过把好几种技术和工业生产方法汇集起来，就可以用互相交流的办法使全体都学会每个人的特殊才能；因而，脆弱人生的种种痛苦和劳累就可以通过同样多的各种现成办法，来消除或者减轻；于是财富和富足便会按照每人的勤劳，也就是按每人的功绩，公平分配给每个人。

无疑地，建立城市所依据的那一方针也会使城市富裕壮大起来；因为促使人们愿意聚居的上述引诱力不仅使一个国家人丁兴旺，而且使它变得比一个人口较多但却较为野蛮的国家更为富强；可以增加人手，也可以通过技术改善劳动使少数人能掌握技术，两者效果一样。

因此，我们的理智告诉我们，我们自己在国外旅行的见闻也充分证明：我们只有增加可以促进我国臣民的舒适、利

① 奥菲士是希腊神话中的歌手，善弹竖琴，据说他的歌声富有魔力，能感动鸟兽草木。——译者

润和健康的有用发明，才能有效地发展自然实验哲学，特别是其中同增进贸易有关的部分；这项工作最好由有资格研究此种学问的有发明天才和有学问的人组成的一个团体来进行。他们将以此事作为自己的主要工作和研究内容，并组成为拥有一切正当特权和豁免权的正式学会。"（皇家学会成立特许状序言；录自雷恩先生的第一份清样和草稿。）

特许状序言本身以更为简短严肃的形式表达了这些想法：

"朕获悉，一个时期以来，有不少一致爱好和研究此项业务的才智德行卓著之士每周定期开会，习以为常，探讨事物奥秘，以求确立哲学中确凿之原理并纠正其中不确凿之原理，且以彼等探索自然之卓著劳绩证明自己真正有恩于人类；朕且获悉他们已经通过各种有用而出色之发现、创造和实验，在提高数学、力学、天文学、航海学、物理学和化学方面取得了相当的进展，因此，朕决定对这一杰出团体和如此有益且堪称颂之事业授予皇室恩典，保护和一切应有的鼓励。"*

新发现和航海术 不过就近期实际效果而言，皇家学会接近于斯威夫特所写的《拉普他》① 而不类乎培根的《大西岛》。人们对工业进行了很好的研究，但却提不出什么改进办法。十七世纪的科学的伟大成绩是为弄清物理学和化学的基本事实开辟了道路。只有天文学方面的工作，由于牛顿集伽利略和刻卜勒研究成 23
果之大成而终于有所成就。天文学在十七世纪尤其具有巨大的经济重要性。环球航行，世界贸易，建立殖民地的事业都是方兴未

* 可参看本书第387页原注*。

① 《拉普他》是英国文学家斯威夫特笔下的一个飞岛。居民好空想，常做出荒谬可笑的事。——译者

艾。在这方面，天文学家的图表，物理学家的钟摆和平衡轮钟都意味着可以及时拯救船只和货物，可以征服远处海外的帝国。在英国，第一个受国家津贴的科学机构是格林威治的皇家天文台*。

第一批科学家 十七世纪标志着业余科学家到专业科学家的过渡。皇家学会的大部分成员都是乡下绅士和城市中的活跃人物，不过其中也包括一些大贵族，甚至包括国王自己在内。对他们大多数来说，皇家学会会议只是一种娱乐，也许可以从中听到一些有益的点子。但是除了这些人以外，还有学会的工作人员们，胡克**和他的助手们以及秘书奥尔登伯格。他们是依靠科学工作

---

* 查理国王所提供的支援并不是十分可观的。韦尔德先生在他所著《皇家学会史》(History of the Royal Society) 中谈到学会设立经过时说了如下的话：

“国王批给500镑现金，此外还有从蒂尔伯里要塞运来的一些多余的砖头，在拆除伦敦塔门房时收回的一些木材、铁和铅；他还答应继续提供必需的物资，因而进一步鼓舞了我们。建筑物是1675年8月10日奠基的。工程进行得很顺利，到圣诞节已经装上了屋顶，把房子加以覆盖。

“贝利先生说：‘天文台原来是格洛斯特公爵汉弗莱建造的一座塔，1526年经亨利八世整修或重建过。它有时是王室年轻一代的住处；有时又是受宠情妇的公馆；有时用作监牢，有时用于防御。爱德华四世的第五个女儿约克城的玛丽1482年死在格林威治花园的塔中。在伊丽莎白女王时代，它被叫作米拉夫勒。1642年，它改名为格林威治堡，成为要塞，极受重视，政府下令立即采取措施予以占领。王政复辟后，查理二世在1675年拆除了旧塔，并在原址上建立了目前的天文台’。

“这座草草建立的天文台几乎有十五年之久没有从政府得到一部仪器。如果你记得国王对于皇家学会的冷淡态度，这就不足为怪了。乔纳斯·摩尔爵士向弗拉姆斯蒂德提供了一部六分仪，两只镜，一只望远镜和一些书籍；除了上述物品和皇家学会借给的设备以外，所有其他设备都是由弗拉姆斯蒂德自己出钱制造的。贝利先生说：‘他们的确给了他一座住房，而且还拨付给他每年100镑的靠不住的薪金；可是与此同时，虽然他自己的工作已经够累了，国王还命令他月月给基督教堂公立学校的两名学生讲课。这使他极为苦恼，而且妨碍了他的正当工作。’”(第255—256页)

** 胡克可算是十七世纪最伟大的实验科学家。他作为一个大学学监，不得不为皇家学会每周进行两次别出心裁的实验。此外，他还是伦敦市的测量官，大火以后，这个职位决不是一个挂名闲缺。他又是负责建造伯利恒医院和圣保罗教堂的大建筑师。在建筑圣保罗教堂的过程中，他的贡献几乎超过了雷恩。

为生的，至少是部分地依靠科学工作为生的。对他们来说，科学工作是他们生活的主要事情。牛顿和虔信派贵族波义耳大致也同样是现代意义上的科学家。

牛顿时代　十七世纪的科学工作十分成功，但其成就的性质殊出意外。科学并没有象培根原来所希望的那样，立即使人类的需要得到满足，但是，主要是通过牛顿的工作，科学已经确立了自己的地位，成为在力学和物理学领域进行定量计算的非常有效的方法。牛顿方法把一切东西都归结为受到各种力的作用的密实粒子，在当时似乎象培根的归纳法和笛卡尔的逻辑几何学一样，为科学的进展提供了巨大的希望。除此之外，牛顿的方法还有一个巨大的优点：它至少在天文学和力学中是实际有效的。人们开始把牛顿的方法十分不恰当地应用于整个自然科学中去，甚至应用到神学和伦理学中去。认为人类单凭理性和计算就可以解决一切问题的想法是十八世纪哲学的指导思想之一，它已经远远地超出了科学思想的范围。科学第一次变成了一个重要的文化因素；甚至对政治也产生了影响。十八世纪变成了一个理性的世纪，虔诚而保守的牛顿成为法国大革命的先驱。不过它对于科学的直接影响却是一场灾难。牛顿已经做了那么多的工作，才华不及他的人似乎就不值得去做什么事了。

科学和制造业　24

十七世纪科学大昌盛的局面没有维持下去。它过份依赖于社会，政治和经济因素的特别有利的凑合，而且也过份依赖极少数人的天才。从1690到1750年是科学史上相对的空白阶段。这段时间足够用来消化十七世纪的伟大成就，但是这也足以使人们把这

些成果忘掉*。等到科学事业重新振兴的时候，它的环境又大不相同了。实际上，十七世纪的绅士和商人们也实在太一帆风顺了。资金扩大的正常过程和贸易的发展满足了他们的一切需要。他们不久就对科学这种玩意儿感到厌倦了。不过，一个由小制造商组成的新阶级正在抬头；他们利用在贸易战争中夺得的新市场和战争所造成的新需求，竭力推进新产品和制造新产品的新方法。十八世纪的科学研究一开始就同工业革命结下不解之缘。现在，问题已经不仅仅是请科学界对传统的工业生产方法进行研究了；这些方法本身也在改变，科学必须在这种变革中起一定作用。起先，它所起的作用还不是决定性的，因为只有在打破了行会的阻力、一方面提供了可供利用的资金，另一方面又提供了赤贫的工人，从而建立了资本主义之后，科学才第一次有可能在工业生产方法的变革中起决定性的作用。一向潜伏着的人类创造才能的大解放，主要并不是靠科学的训练或激励。工业革命初期的发明——采用自动纺织机器——主要应归功于一些没有受过教育的工匠，不过，一举解决了关键性的动力问题的伟大发明蒸汽机却至少可以部分地归功于科学。

蒸汽机　　蒸汽机起源复杂；大炮和水泵可以说是它的前身。长期以来，人们就认识到了火药的潜在力量，因此，一再有人考虑到可以把火药用于战争以外的目的。当事实证明人们不能对火

---

*　科学家们十分明白这种衰落情况。正象G. N. 克拉克在《牛顿时代的科学和社会福利》(Science and Social Nelfare in the age of Newton)一文中指出的那样，就在科学衰落的时候，经济形势也发生重大变化：美洲开发以后的物价昂贵时期终结了，一直持续到拿破仑时代为止的物价稳定时期开始了。虽然克拉克教授小心翼翼地避免从经济角度看待科学史，这两种现象同时发生却是极其令人注目的，其所以如此还因为科学不仅是在经济形势再次变化的时候，而且还正好是在变化最厉害的地方重新兴盛起来。

药加以控制时，人们自然就想去使用不那么猛烈的力量：火和蒸汽。不过起先动力的需求是极其有限的。在大多数场合，风力和水车足敷使用。就象工业现在集中在原料来源地周围一样，当时，工业自然而然地集中在这种动力的来源地周围。可是采矿业就不那么方便了。矿山要设在矿石所在的地方，那里往往缺乏天然动力。要么就得花钱去使用畜力或人力，要么就得完全停止生产。25
因而自然就产生了利用火力抽水的念头，可是武斯特侯爵所设想的一类粗糙办法却失败了，因为当时还不可能造出经得起蒸汽压力的材料来。于是科学便插手进来了。托里拆利所发现的真空状态启发人们想起了一种能源。就算它很笨重，到底还是可以加以控制的。经过了帕潘等科学家的一番摸索后，军事工程师萨弗里和康沃尔锡矿工人纽科曼分别于1695年和1712年建成了第一批实用的蒸汽机，可以把水从矿井中排出去而在经济上又划算。有了一种可以到处设立的能源，工业就可以摆脱一切地区性限制了，不过还得花上几乎一个世纪并经过瓦特彻底改良，蒸汽机才做到经济上划算而被普遍采用。

科学与革命——月社　　蒸汽机和富兰克林在1752年发明的避雷针之类的科学的有效应用产生了很大效果，使讲求实效的人们不仅看清在科学中蕴藏有可以加以利用以谋取厚利的巨大力量，而且看清，为了利用它，就有必要深入探索大自然的秘密。十八世纪末叶，制造业开始对科学发生极大兴趣，而且科学的新进展大多数也都是发生在制造业中。工业革命时期的科学事业生根的地方是利兹、曼彻斯特、伯明翰、格拉斯哥和费拉德尔菲亚，而不是牛津、剑桥和伦敦。从事科学的人不再是乡下小绅士和教士而是持有不同见解的牧师和长老会会员。他们的赞助人也不再是贵族和商人兼银行家而变成了制造商。在十八世纪末叶，英国

科学思想的实际中心不是皇家学会而是月社。它设于伯明翰。赞助者有博尔顿，威耳金森和威季伍德等人。参加者有瓦特，普里斯特利和伊拉兹马斯·达尔文等。*不过，不仅工业领导人需要科学，主要技工也变得越来越需要起码掌握一些科学原理了。科学，至少在制造业地区，是需要列入教育计划中去的。不能期望各大学对此有什么作为；它们在十八世纪已经陷入空前严重的懒惰、无知和顽固的深渊中。于是在新的制造业地区的中心就设立了机械师研究院和图书馆以满足需要。第一所这类研究院出现于美国是很能说明问题的。富兰克林于1755年在那里设立了费城研究院。在曼彻斯特，伯明翰和格拉斯哥也设立了类似的机构，最后，一个同富兰克林相象但又略逊一筹的人物朗福德伯爵在伦敦创立了
26 皇家科学普及协会。它后来成为所有这些机构中最负盛名者。

> "1796年，他提出'一项建议，要利用私人捐款在伦敦设立一个机构，以便向贫民施舍食品并使他们从事有用的职业，并且还向另外一些可能需要帮助的人提供廉价的食物。为此，要再设立一个机构，以便介绍和推广新发明和革新项目，特别是管理热能和节省燃料的方法以及有助于家庭的舒适生活和节省家庭开支的其他各种机械设备。'
>
> 朗福德告诉他的朋友说：他'深深地感到有必要提倡周济贫民，使之成为风尚。'
>
> 为了实现他鼓吹的第一点建议，建立了改善贫民状况协会。关于设立一个研究机构的第二点建议另作处理，因为它'十分突出，十分有趣而重要，不能作为任何其他现存的机构

---

* 见S. 斯迈尔斯著《工程师传记·瓦特传》(Life of Watt, Lives of the Engineers)等等。还见于H.W.迪金森著《马修·博尔顿传》(Mattew Boulton)。

的附属部门，所以它必须单独设立而且必须具有应有的规模。'1799年，这个协会创立了，人们为这个'群众性机构'向私人募集了捐款。'该机构的宗旨是传播机械方面的有用的新发明和革新的知识，并且加速全面推广这些发明和革新；并通过定期举行哲学讲座和实验课程，来教授科学新发现的应用方法，以便改进技术和制造，并促进取得生活的舒适和便利的手段。'皇家学会主席约瑟夫·班克斯爵士任理事会主席，朗福德担任秘书。在阿尔比马尔街买下了一幢房子，把它的各个房间改成实验室，讲堂，办公室等等；还有一套房间供朗福德使用。'雇用了一位出色的厨师以改进烹调技术——这是皇家科学普及协会的目标之一，而且还是一个比较重要的目标。'就象社会理想主义者所创办的一切其他机构一样，这个协会的性质很快就被窜改了。它不再致力于严格实现创办者所提出的目标，而是致力于实现社会势力愈来愈大的某些阶级感到兴趣而又见于它的章程的一些目标。正象十五世纪的公立学校学生逐渐从孤儿变为王侯子女一样，正象罗奇代尔先驱者的合作运动从社团变为支付股息的企业一样，皇家科学普及协会也从解决贫民问题的实验室变为解决在当代占支配地位的舆论认为十分重要的科学问题的机构。科学问题的解决最终会为穷人带来好处，不过只有在利用科学的工业家得到好处之后才能为穷人造福。……"——克劳瑟《十九世纪的英国科学家》，第35—36页。

法国科学的伟大时代　在法国，十八世纪是一个从王权和
封建统治过渡到以英国为蓝本的中产阶级共和国的时代。政治和 27
哲学居于首要地位，不过特别是在十八世纪下半叶，当制造业也得到发展的时候，对科学便很感需要。但是法国科学比英国的更

具有官办的性质，尤其是军事的性质。事实上，法国的炮兵学校是可以从中获得科学教育的第一批正式学校。在这一时期末尾时产生的法国大数学家和物理学家，如拉格朗日，拉普拉斯和蒙日等人都是这些学校训练出来的，不过它们的最出色的学生却是拿破仑。他是第一位认识到科学价值的统治者。拉瓦锡既是捐税包收人金融垄断集团巨头之一，又是政府兵工厂的科学研究领导人。他的大多数重要实验都是在这家工厂的试验室中进行的。巴黎人民对捐税包收人所怀的仇恨是他受审并被处决的最终原因。法国大革命更加促进了十八世纪的发展趋势，虽然这种发展在革命后不久的时期中由于局势混乱而停顿了一阵。在工艺学院和度量衡管理局成立之后，第一个完全由国家资助的科学机关就产生了。

气体革命和化学工业　力学的科学基础实际上是在十七世纪奠定的；它的果实就是十八世纪的蒸汽机和随后发明的蒸汽机车。十八世纪的伟大成就在于把化学从一种传统的技术变成一门象力学一样可以用数学来计算的科学。由于拉瓦锡和道尔顿把主要是从气体的性质中推导出来的物理概念带到传统的化学中去，才终于做到这一点。在十九世纪，随着重化学工业的发展，这个“气体革命”的成果就在碱、漂白粉和气体的制造上表现出来。*

---

* 克拉克教授对于这个变化没有发生在十七世纪似乎感到惊讶！ 而且还把它作为一个例子加以引证，以证明经济因素并不决定科学的实际发展进程，但是他也承认，经济因素可能会影响科学研究的劲头。作者认为这恰恰极其有力地证实了相反的论点。只有当酿酒、制革、印染、漂白等不再是一家一户的或小规模经营的事业，而大大扩大规模，值得人们理智地考虑怎样加以改进的时候，才需要在化学上有所发现（参看边码第128页）。这种变化到十八世纪才发生，所以说这类科学是缺乏经济动力的。从纯科学角度来说，必须先对机械力和物理力进行分析，特别是先对气体特性进行研究，才能使解决这些技术问题所需要的化学发展起来。而气体特性的研究本身就是发明蒸汽机的结果。所以不论是直接地或间接地，化学的伟大革命都是经济力量推动的结果。亦可参看霍格本著《大众科学》，第七和第八章。

十九世纪——科学成为必需的东西　工业革命一旦顺利开展，科学作为文明的不可分割的组成部分的地位就巩固了。在工业测定和工业生产标准化方面，以及在推广节省成本的办法和新的制造方法方面，人们处处需要利用科学。不过工业需要科学并不等于说：科学的工业基础会自然而然地产生。事实上，在十九世纪整个期间，尽管人们不断要求发展科学，不论是科学研究工作还是科学教育工作，都很难得到充分的财政支援。这是资本主义发展时代的无政府主义性质所固有的现象，人们对一切官办研究所、特别是对政府直属的研究所不予信任，并且无法为不能立 28
即获利的规划筹到巨款。十九世纪初叶，大部分科学研究工作仍然是在皇家科学普及协会或富有者的私人试验室一类地方进行的。在戴维和法拉第的时代，皇家科学普及协会几乎成了国家物理学和化学研究所。可是尽管它对工业有贡献，筹措经费却不容易。1833年，即法拉第划时代地发现了电感应原理后的第三年，他竟然感到难以为协会筹措区区几百英镑的款项，来使它得以维持下去。*

德国登场了　在这当儿，欧洲的科学研究进展十分神速。十九世纪初标志着法国科学成就的顶峰，不过这个运动很快地从法国发展到德国。自从十六世纪以来，破天荒第一次它可以在欧洲文化中起独立的作用了。由于德国各大学进行改革，由于德国人很乐意从法国人那里接受新科学、特别是化学，科学事业迅速发展起来，所以到十九世纪中叶，德国科学事业显然已经至少在数量上名列前茅了，德国制造业似乎也比英国制造业更善于吸收科学资源。

* 见克劳瑟，《十九世纪的英国物理学家们》（British Physicists of the Nineteenth Century）。要想了解法国的类似情况还请参看边码第201页。

部分地是由于这种形势的推动，特别是由于女王的丈夫德国亲王的直接影响，英国的科学在十九世纪中叶开始受到了官方的注意。政府设立了一个科学和技术部。皇家委员会采取了坚决的措施，要老的大学开办理科，并且要各省和伦敦设立的新大学也都开办理科。这些新的科学学科自然大多是可以立即出成果立即应用的学科；即物理学和化学，生物学还要等候更久才能得到赏识。达尔文大半生是作为一个退休人员依靠个人资财进行工作的；赫胥黎依靠“地质调查”杂志维持生活。*

作为一种机构的科学事业——纯科学的概念 不过在十九世纪中，有一批名符其实的科学机构建立起来了。皇家学会恢复了而且重新掌管了它在十七世纪的职能，虽然规模相对来说远比原来为小**)。创立于1831年、主要用以取代皇家学会的英国促进科学协会逐渐成为官方的科学喉舌。许多分门别类的学会，化学学会、地质学会等纷纷自动成立，对出版刊物的工作作了适当的安排。一个由大学教授、工业实验室工作人员和业余爱好者组成的
29 科学界出现了，不过与十七世纪科学界所不同的是，它自称自己的职能是了解客观事实，而不是参加实际行动。进化论之类的十九世纪的大论战是在思想领域中进行的。科学家们不参预管理国家或企业的大事。他们只关心纯粹的认识。这对于双方都是一种

* 要想详细叙述，就有必要对这些话大打折扣。在十九世纪中叶许多其他领域也有显著的进展。在医学上，发明了麻醉剂和防腐剂。不过这些东西和细菌致病理论主要是化学研究的成果。在农业科学中，李比希和本生取得了显著成绩，不过这两个人也都是化学家。地质学是研究矿山和测量运河和铁路的直接结果，大体上也是在这个时期建立起来的。不过大古生物学家欧文在皇家外科医师学院担任教授，却是对赫胥黎的职业的奇异注脚。

** 皇家学会在十八世纪后期和十九世纪早期的衰落是千真万确的。英国的最有独创思想的人物之一巴贝奇于1830年撰写了“英国科学的衰落”一文，极力反对单凭个人财富和社会地位选拔学会学员。参看霍格本著《大众科学》，第616和713页。

令人满意的安排。工业家利用了科学家的工作成果，一般地向他们付出一笔代价，但金额不大；科学家们则满意地知道：自己正生活于一个不断进步的时代，他们的工作则对这种进步作出最大的贡献而无需接受审查。正当科学应该同机器时代的发展最明显地密切联系在一起的时候，却产生了纯科学的观念：认为科学家的职责仅限于进行本身的工作，工作成果则应交给一个理想的经济体系，其所以是理想的是因为它适合于并允许各种经济力量自由发挥作用。这种态度至今仍然支配着不少科学家和门外汉对科学的看法，虽然这同当今世界形势是很不相适应的。

科学和帝国的扩张

到1885年，产生了一个新的潮流。显然，制造业的发展正在产生一些意想不到的、令人不安的结果。英国已经丧失了它对制造业生产的垄断，它作为工业国的优越地位也正在迅速地消失之中；德国和美国成为可畏的敌手。人们要求帝国向英国工业提供新的出口市场以拯救英国工业。这时出口商品已经主要是生产资料，铁路和机器设备，而不是消费品了。这就附带地促使科学得到进一步的发展。为了应付扩张帝国的一些新问题，创立了帝国学院和帝国研究所，并对科学教育工作和科学研究工作进行了全面的改革。可是德国的工业化搞得更是如火如荼，德国是在完全不同的另一种规模上利用科学。高等技术学校训练出成千上万的化学家和物理学家，把他们派到工业试验室中去，在短短几年之中，原来主要是在法国和英国奠定基础的染料和炸药化学工业就变成德国新工业的一部分。它实际上垄断了世界市场。

世界大战　科学史上的转折点随着世界大战而出现了。这

次战争和以往战争不同的地方在于，不仅各国的军队卷进去了，连
30 有关各国的全体人民都卷进去了。工农业都直接为战争服务，科学也是这样。当然，自古以来，改进战争技术一直比改善和平生活更需要科学。这并不是由于科学家具有好战的特性，而是因为战争的需要比其他更为急迫。各国君主和政府不那么乐于向其他研究工作提供津贴，却很乐于向军用研究工作提供经费，因为科学界能研制出新的装备，而这种装备由于十分新颖，在军事上极为重要。（参看边码第171—173页。）

科学家的协作 在上次世界大战中，科学家的协作达到前所未有的程度。问题不在于少数技术人员和发明家把众所周知的科学原理都加以应用，而在于所有国家都对本国科学家实行总动员，其唯一目的就是为了在战争期间提高现代化武器的破坏力并且设计出防护方法，以应付对方在现代化武器方面所取得的进展。（参看边码第 180 页）在这方面，开始时，德国人是占便宜的。他们的科学家不但人数众多，而且同协约国的科学家比起来，还同工业保持着更为密切的联系。这是一个可以立即见效的有利条件，要不是由于德国严重缺乏金属，橡胶和石油等基本原料的话，这本来可能证明具有决定意义。协约国不得不在战时临时拼凑科学和工业机构。采取这一措施的结果，在英国终于在1917年成立了科学和工业研究部，在美国则于1916年成立了国家研究委员会。这个研究部1932年度的报告中说道：

“这个计划是我们的前任官员在历史上规模最大的战争中制订的。战争一开始，就可以看出，科学的应用将在战争中起重要作用；于是便把科学工作者征集到国家的工作人员大军中并收到相当效果。有些人过去一直要求英国工业和科学更密切配合起来，并肩前进，战争的环境使他们的呼吁更

显得有力，因为战争环境空前有力地说明，在有了可以由工业加以利用的科学发明之后，不接着采取措施，就会产生什么后果。例如我们很快就发觉：我国不幸主要得依赖国外来供应一部分作战所必需的物资。当时我国的头号敌人已经通过对科学成果的应用掌握了某些工业产品，按其程度及其性质来说，都足以危及我国的利益。大家也普遍认识到：为了在平时和战时都能取得成功，应该充分利用科学资源。战争的危险为和平时期提供了教训，人们认识到：一旦战争结束，31
工业界就要面临一种新形势。如果英国要保持工业优势，如果我国工业品要在世界市场上继续站得住脚，就要作出更大的努力。为了先期应付这一形势，当时的政府就设立了科学与工业研究部。议会还议决拨出一百万英镑巨款来鼓励工业研究工作，作为供该部使用的财政经费的一部分。我们的前任在同工业界领袖的磋商中所周密考虑的问题是怎样最有效地达到这一目的，于是就制订出合作研究协会的计划。"（也可参看边码第172页）

国家举办的科学事业　上面引述的一段话表明世界大战怎样自然而然地使人们对科学在现代工业国中的功能有了新的、比过去自觉得多的认识。这时人们认识到，不能让科学处于完全无组织的状态，也不能让科学依赖旧有的基金和偶而的施舍。人们明白，不论在平时和战时，——从技术观点来看，这两种情况所涉及的问题没有什么根本差别——一个现代工业国的存在本身就有赖于有组织的科学活动。探索自然资源和探索最有效地加以利用的方法都要依靠、而且也只能依靠科学。不过，象刚才引述的那段话所表明的那样，人们对这一点的认识决不是完全清楚的。在老的制度与习惯之中有一些固有的力量，反对采取任何这样的

措施来使科学工作合理化。几乎在所有的国家中，科学改组工作都是在混乱的、半心半意的情况下进行的。政府和工业需要它，但却不准备付出代价。科学家本能地死抱着战前相对独立的地位不放。虽然在战时几乎所有的人都毫无异议地同意为国家工作，在平时却有可能问一下：把科学界整个地交给政府和垄断企业使用是否可取。结果在几乎一切国家中都实行折衷，这种折衷按其性质来说是特别不能令人满意的。科学事业既不是有组织的，也不是独立的。控制它的机构重重叠叠，授给的经费名目就更多了。

战后时期和经济危机 这种混乱状态本身并不能阻止科学研究的巨大生产率。最初，在战争结束以后，科学一从急迫的技术任务中解脱出来，就大大活跃起来，活跃的程度在它的历史上是少见的，在德国尤其是这样，仿佛是要表明：德国人能在和平的知识领域中取得暴力所不能夺取的优势。这一平静时期由于1929年的危机及其政治后果而告终。科学事业到处都由于节约原
32 故而紧缩，纳粹的狂热则破坏了德国的表面上牢不可破的局面。自从1933年以来，在那里和其他地方，军备的增长到处都限制着整个科学的结构，并且使其面目全非。

科学家本来就天生不讲效率，官僚主义的发展则使科学家的效率更低了，而不是提高了；既不能让科学遵照科学自己固有的倾向自由发展，也不能有效地加以指导，使之为工业服务。在科学的新阶段中，由于仪器设备支出比重增加，由于有必要在有组织的协作中雇用多得多的各级人员，科学经费肯定地需要比以前大大增加；可是也许除了美国之外，所提供的资金到处都不能满足这种发展的需要。既不容许科学照老样子继续下去，又不能有效地帮助它另辟蹊径。

科学和社会主义

与此同时，在苏联则出现了很不相同的局面。在帝俄时代，随着资本主义的发展，科学的重要性本来就不知不觉地有所增长。然而这种重要性并没有得到正式承认。1917年的革命以后，科学事业开始蓬勃地发展起来。科学在马克思主义理论中一直占有重要地位。培根的理想——利用科学为人类谋幸福——的确是马克思主义的建设理论的一个指导原则。它认为，应当把科学直接用于这一目的，而不再用之于增加利润。尽管沙皇俄国的科学力量极为薄弱，尽管世界大战和国内战争造成巨大破坏，尽管建设时期有巨大苦难和贫困，科学在苏联的重要性仍在继续增长。不过直到1927年实施第一个五年计划的时候，才开始把科学大规模地有效地组织起来，作为改善国内情况的伟大运动的一个组成部分。从此以后，苏联科学事业不论在人数上和经费上，都有了持续不断的迅速增长。它完全没有受到大大阻碍了资本主义国家科学进展的经济萧条的影响。不能期望科学这样的事业迅速取得巨大成效，它需要多年的努力甚至需要数代人的共同努力才能成熟。事实上，苏联科学要在精确度和识别力上超过德国或者英国还得经过一段时间。不过它已有的成绩已经足以证明：这条组织 33*
科学为人类服务的新道路为苏联科学提高自己的精确度和识别力开辟了广阔前景，这是目前西方科学和工业的脆弱而混乱体系所望尘莫及的。（参看边码第221—231页。）

---

* 原书33—34页为注释，中译本改排在每页脚注部分，页码省略。下同。——编者

第三章　英国科研组织现状

35 **大学、政府和工业中的科研工作**　我们现在且回头来对科学研究工作的现状作一番比较具体的研究。象苏联以外的几乎所有其他国家一样，在我国，科学研究工作是在三个不同的管理领域里进行的：即各大学、各政府机关和各工业企业。在较早时代，甚至在十九世纪都还十分重要的独立的科学家实际上已经绝迹了。仅就协调一致的科研工作而言，它是由各科学学会来协调的，在较小的程度上也是由医学研究委员会和其他提供经费的机构来协调的。刊物的出版事宜则主要由各科学学会负责。

大学的科研工作一直是教学人员个人研究的自然派生物。它主要涉及纯科学，不过在比较晚近时期，在一些大学里也进行了少量的应用科学的研究。政府主持的科学研究的目的有两个：第一，为陆，海，空三军进行研究；第二，为改善工业，农业和卫生事业进行研究。这两种研究工作都必然大部分具有应用的性质。工业中的研究几乎完全属于这种性质，因为英国工业试验室的纯科学研究工作不如德国和美国发达。

不过这三个领域并不是各自为政。特别在科学研究方面，大学变得越来越依赖政府部门的拨款和工业家的捐赠。大学里大部分科研工作者的工资实际上不是由政府支付，就是由工业来支付的。另一方面，工业和政府部门的科研工作大都是由在大学任职的人、特别是高级人员或者是由这种人组成的行使谘询职能的委员会来指导的。政府和工业科研工作也是密切结合的；建立科学

研究协会的全部目的就是要使工业界能利用政府所集中提供的科 36
研设备，并由大家来分摊对政府和工业可能都有好处的科研项目的费用，一个特别重要的政府研究部（军事研究部）和军火工业的科研工作有着不可分割的关系。这个工业本身只不过是重工业——钢铁，建筑，火药和重化学工业——的一个方面而已。各科学学会，尤其是皇家学会在三个领域里都有份儿。各学会的人员大多是从各大学抽调出来的。它们经管政府的巨额科研经费，这样实际上就部分地成为政府的部门。它们也同工业中的科研工作保持密切联系。

这一切会使人产生这种印象：在我国有着一个组织严密的科研体系。不过实际上，所有这些联系都是迫于形势的需要，由于人事关系，完全以偶然方式产生的。如果用图表来表明最后形成的体制，就会看出各种科研机构是互相错综复杂地联系在一起的，没有清晰的轮廓*。科研工作的最有力的领导并不存在于这些机构内部，而是靠了国内少数几位比较重要的科学家彼此相识，而且也都认识科学界和政界或实业界的几乎一切其他重要人物。科学发展计划是非正式地，自然也是秘密地加以讨论的。人们和富翁接触，私下劝说他们提供资金。认识首相的人也会建议他为某一门科学做一点事。科研工作就是以这样典型的英国方式进行下去的。

大学中的科研工作

在基本科研工作中，大学占着最重要的地位。的确可以有把

* 参看W.布拉格爵士的演说稿，第66页以下。

握地说：在英国完成的基本科研工作约有五分之四是在大学试验室里进行的。这是一个极其缓慢地逐步发展的过程，在物质方面尤其如此。大学只是在本世纪才建立了规模巨大和设备完善但主要不是用于教学的试验室，大学在科研工作中的地位正在十分迅速地变化中。在世界大战前，大部分的大学科研工作是由教授，讲师和其他大学教师们在课余时间进行的，虽然当时大家也越来越明白：对大学说来，科研工作即使不比教学更为重要，起码也是同等重要。

37 **科研工作者** 大战结束以来，由于增加了两种人员而使科研工作数量愈见其多，这就是研究生和拿津贴的专职高级研究人员。人们竞相争夺科学界的职位，对资格的要求也提高了。部分由于德国和美国的影响，英国大学采用了哲学博士的学位。取得这一学位的必要条件是有创造性的研究成果。现在谁想要在科学界中获得稍为重要一点的职位，都必须有哲学博士学位。这就保证大学能源源不断地得到工作期限为二至四年的青年科学工作者。很难估计出他们的精确人数。根据大学津贴委员会发表的数字，一共有了1791个专职的和936个兼职的科学、技术、医学和农业等学科的高年级学生(关于他们学科分布的情况，可参看附录I (C))，不过其中做研究工作的人数也许还不到一半。我们有理由假定1500人是初级研究人员人数的上限。其中某些人靠自费继续学习；不过大多数人都部分地或全部地依靠高等院校以奖学金形式授予的津贴、依靠科学和工业研究部或其他政府机构和地方当局的津贴。此外，在大学还有一批人数不多但却与日俱增的(约100名)高级研究人员。这些人大多数不由大学支付工资。实际上，在我国大约只有20个这样的研究职位；大多数人依靠各种形式的研究员薪金和政府的高级研究奖金生活。(参看边码第83页)

大学中的研究人员的地位还很不正常。他没有公认的地位，被看作是学生兼教师。结果，固定的或专业性的研究人员至今仍然不多。学生花二至六年时间在大学里从事研究，然后转到教学，行政或工业岗位上去。这是很常见的现象。这种不正常的地位对于研究工作人员本身的影响和对他们的工作的影响将在以后一章中加以讨论。

大学的研究工作是遵照传统院系体制来组织的，由教授来管理一个系，并对该系的研究人员提出工作意见；这就是说，总的来说要由他来提出他们的研究项目，并在工作过程中对他们进行协助和批评。不过对高级研究人员来说，这当然大多是有名无实的。在不少情况下，教授亲自帮助个别研究人员进行工作。他指派某人进行他感到兴趣的问题，自己参预大部分或小部分的实际工作，并且和研究人员联名发表论文。这个制度对于青年研究人员来说，可能大有好处，不过它会造成极其严重的弊病。 38

大学科研的有效领导权实际上完全由教授们来掌握。大学教授会或其相当的组织和大学的总的领导当局只能控制分配给各系的经费，来间接进行干预。它们没有充分资格指导实际研究工作或者把这种研究工作和其他机构的类似研究工作加以协调。这实际上就意味着：基本科研工作是由众多的（约有400个）各自为政的试验室来进行的。当然，它们的重要性各不相等，而且相差极大。其中只有极少数比得上欧洲大陆的科学研究所，雇用20至40名研究人员。大多数只有一、二人进行研究工作。任何实验室的重要性都取决于许多因素。当需要讲授极为高深的理论或需要解决某些工业或半工业性质的问题时，才会建立大型实验室。当主管教授在科学上非常有能力或在一种更加困难的技术——争取科研经费——上非常有能力的时候，也会设立这种实验室。

除了在某些有限的领域外，科研工作在规模比较大的大学和规模比较小的大学中的地位大不相同。可以设想，大部分小型实验室和完全独立的研究人员都在后一种大学里；也就是在这里，教学的需要占用科研的时间最多。偶而由于得到特别捐赠，也可能在一所小型大学里设立一个有相当规模的高度专业化的研究所。但是在大多数情况下，大部分有价值的科研工作都集中在大型大学的为数较少的实验室里。在上述情况下，由于把大多数有卓越能力的人抽调到可以发挥作用的研究中心去，由于进一步降低了分支研究中心的水平，这就加剧了各大学之间已经存在的差距。大学之间多多少少在平等基础上不断交换教师和研究人员的办法，是德国大学生活的最优良的特色，但在英国却几乎完全不存在。反之，在英国存在着竞相争取大型大学中的职位和一旦获得这种职位就要无限期留任下去的倾向。

并没有什么正式机构来协调各大学实验室的工作。由于部门繁多，除了在行政管理方面外，大学本身工作也无法协调起来。因此，在不同地点从事同一课题研究的实验室只有在完全自愿的
39 基础上才能进行合作，因为并没有什么更高级的行政当局来指导他们的工作。仅有的协调工作就有赖于各科学学会了。

大学科研工作的性质 我们并不想在这儿描述各大学的实际研究课题。不过值得惋惜的是，的确还没有人作过这种描述；我们可以从朱利安·赫胥黎所著《科学和社会需要》等名著中收集到点滴情况，也可以从《剑桥大学研究项目》中收集到各个大学的详细情况。当然谁也没有责任描述各大学或全国的科研进展情况，但是这个计划却可能值得某些有进取精神的出版商注意。大学的科研工作的数量和性质，主要是由历史和经济条件决定的。所以这样说是因为任何一个年度的科研工作一般总是前几年工作

的继续，还因各新教授一般总是继承前任的大体上很明确的工作计划。有些学校的科研工作的重要性得到科学界的公认，例如卡文迪什实验室对原子核构造的研究就是这样。除了这种情况之外，限制一切科研工作的因素便是弄到经费的可能性。这主要看一个系在教学上的重要性如何。而这又是由在该系学习的学生人数来决定的，实际上也就是说，是由某一专业可以向学生提供的职位数目来决定的。大学的理科学生绝大多数都注定从事下述四种职业中任何一种职业——工程、工业、医学和教学。最后一种吸收的毕业生比其余职业多得多——而同时则有少数人会从事纯科研工作。

工程学研究工作　多数大学工程系都有点与众不同，因为它同工业界的联系一般要比它同大学其他各院系的关系更为密切。不过尽管如此，人们还是常常认为，同车间经验相比，大学课程在训练从事实际工作的工程师方面用处不大。事实上，大多数工程系都是两头落空。一般认为，工程师所需要的是技术训练，深入学习工程学的基本原理对于技术训练并不适宜，可是另一方面，工程系很少配备有足够的算得上现代化的机器设备，可供学生们取得实际工业生产经验之用。

物理学和化学研究工作　化学工业吸收的从事工业工作的科学家最多，它还需要兼具有化学和物理知识的人员。因而这些
系一般成为大学里最大而且最重要的系。这些系也是受传统影响 40
最深的部门。由于需要培养教师，大学课程就变得更加空洞了。似乎没有什么办法打破大学和中学理化教育的恶性循环。大学必须训练人员去教授中学所需要的学科，以便应付大学入学考试的需要，而工业中的化学师的职务又主要是属于日常工作性质的。正是由于大学物理系和化学系既同传统教学有密切联系，又同工业中

的化学师的学识要求有密切联系，大学中的化学研究工作才受到严重阻碍，并难于吸收过去十年中从物理学借来的新的化学原理。

医学课题的研究　　医学院学生的需要支配着许多大学的生物系。植物学、动物学、生理学和生物化学系的规模及重要性在很大程度上要看医学院学生需要掌握这类知识的数量而定。在这里，又是为了适应严格的考试制度的要求而极力推行传统课程。在科研方面，津贴在很大程度上也是由医学研究委员会提供的。近年来，农业的需要正开始对生物学提出了要求，不过由于我国的农业研究工作陷于混乱状态并由于农业科研工作的待遇极低，这种研究工作也无法有条不紊地产生效果。

不平衡的科研规划　　这些外来的需要促成了一种不平衡的科研体系，在其中物理科学占极大优势。不论从各种物理科学在目前或在今后的相对重要性来看，或者从其内在的意义来看，这种情况都是不合理的。生物学明显地得不到发展，心理学和社会学等处于精确科学边沿的学科更是如此。可以从附录Ⅰ（A）项中多少看出这种不平衡的情况。表中列有各大学中不同学科所设置的职位数目。

这一不平衡的科研规划是事关重大的，因为在英国，实际上仍然只有大学能为基本科学研究提供机会。当然还有象皇家科学普及协会那样的寥寥几所独立的科学研究院，可是为数过少，不能使整个情况大大改观。现在有着这么一种倾向：政府，皇家学会和洛克菲勒基金会等外界机构越来越多地对大学内部的研究提供补助，而不是自己设立半独立性质的机构。因而大学的科研总
41 方向就有效地决定了国内科研的状况。传统因素或者经济因素在多大程度上对大学科研工作起着阻碍作用并改变其方向，所有其他科研部门也要在多大程度上蒙受其害。

科学学会

虽然大部分基本科研工作实际上是在大学里进行的，可是基本科研工作的协调却完全要依靠自愿结合的学会，即由科学家自己管理并主要由他们出钱维持的学会。几乎每一学科都有一个专门学会，除了极穷的研究人员外，几乎所有的科研工作者都是会员。这些学会的最重要的职能是发表论文，不过它们还举行非正式的讨论会，而且在这一范围内，以纯谘询的方式来影响该学科的总的发展方向。*每一个工作者都略知国内各实验室在他自己的领域中正在做些什么，因而他能够使自己的研究方向同他所了解的情况相适应，虽然他们所知道的情况往往是极其粗略的。不过，任

* 除了大批的地方性科学学会之外，《大不列颠和爱尔兰的科学和学术学会正式年鉴》(Official Year-Book of the Scientific and Learned Societies of Great Britain and Ireland)还列出六十个全国性科学学会和十五个医学学会。这类学会的活动范围及其局限性可以从不久以前最野心勃勃的组织活动，即成立化学协会的例子中看出来。菲利普斯教授在《科学代表什么》(What Science Stands For)一文中是这样地写到它的：

"在过去两年中，人们已经通过成立化学协会采取了值得注意的步骤，来巩固化学这门科学和职业。化学协会的基础是已经提到的三个特许设立的组织(化学学会，化学研究所和化学工业学会)以及代表重要工商业利益的英国化学制造商协会。化学协会首先预定设立七年，目的是为以前各自为政的一些组织所专管的事业打下共同的基础，而且还要取得企业对这件事的支持。在化学这样发展得如此迅速的一门科学中，不论用交流原文的方式或用已经发表的论文摘要的形式来发表新知识都是头等重要的。对每一个化学家来说，不管他的专业属于哪个领域，都有必要多少知道一下新观点，新发现和新应用方法。以适当形式来发表新知识的确是关系到整个行业的事。要成功地完成这项工作也是依靠化学知识的应用和化学研究的进展来顺利经营和不断发展的各有关企业的大事。

如果新设立的化学协会能够团结化学从业者和化学工业支持出版工作和设立中心图书馆等同样有广泛吸引力的其他目标，它就会取得显著的进展。它的设立是进一步巩固和统一化学行业的措施当中最认真的措施，这些措施还有取得充足的中心活动场所和建立一套完整的训练有素的化学家登记册等等。"(第58—59页)。

何一个学科都不大想再进一步提出具体的计划和工作规划为每一个实验室规定具体的任务。实际上，只有当科研工作的性质本身要求这样做时，也就是只有在天文，地质物理，气象等领域内，才有这种类型的合作。

皇家学会　除了专门性的科学学会之外，还有两个促进科学的全面机构——皇家学会和英国促进科学协会。它们成为英国最接近科学工作者代表大会的组织。象大多数英国机构一样，皇家学会一方面保持它的原来形式，另一方面却在它的历史过程中不知不觉地改变了它的职能。它目前所行使的职能要比它的创办人所设想的更加有限*。这主要是因为：它原来的不少职权已经被各专业科学学会接管了，而它原来的科研和教学职能则被并入大学和政府各部了。所剩下来的主要是荣典机关的职能，即处理科学交往的礼仪事宜。它是负责分配比较重要的科研经费的机关，它也是一家出版局**和政府在科学问题上的半官方谘询机关。不

---

* 第一位撰写这个学会历史的人斯普拉特主教是这样说明它的多种多样的技术工作的：

"首先他们雇用一些人来审查各国的论文等等，他们又雇用另一些人专同海员，旅行家，大小商人谈话，然后他们编制一套关于可以观察到的事物的问题集。然后会友们开始同东印度，中国，圣赫勒纳，特纳里夫，巴巴里，摩洛哥等地通信"……（第155页）。

"我国不少主要的和最富裕的商人和公民也亲自在场襄助此事，而且还贡献力量和帮助通信工作，雇用了海外代理人来回答问题；他们在所有国家安排观察和赠送礼品事宜"……（第129页）。

"他们建议编制各手工产品和制造品的目录……这份目录要注意到一切具体配方或秘方，仪器，工具和机器，手工操作程序或技术。……他们建议改进挂毯和丝织品的制造方法，以矿煤熔解铅矿石的方法……为了完善陶瓷技术，他们建议对英国各种陶土进行试验，看看它们是否（适用）。他们对各种土壤和粘土作了比较，以便明了哪些能制成较好的砖瓦。他们开始推广马铃薯，并对烟草油进行试验"……（第256页）——斯普拉特，《皇家学会史》，1667年。

还请参看第291，394页。——原注

** 威廉·布拉格爵士在1936年的主席演说中提到这些事以及皇家学会在英国科学研究总规划中的地位：

"如果我们把沃伦遗赠包括进本学会所掌握的基金数字内的话，其数字已达到一百

过最近有迹象表明：它准备在两个方面扩大它的活动范围：一个方面是纯科学的活动，要通过定期讨论会，把有关的科学领域的工作统一起来，不过还不打算考虑制订规划或发布全面指令，另一个方面是想过问科研工作的社会后果。显然，假如真想把科学 42
工作更密切而有机地统一起来的话，皇家学会将是一个在形式上最适宜于执行这一任务的机构，不过值得怀疑的是，它究竟是否具有必要的主动性或灵活性（参看边码第399页）。

英国促进科学协会 英国促进科学协会的职能与上述大不相同。它是整个科学界和一般大众之间的唯一组织上的桥梁。多年来它的会议报告一直是通过报纸向公众报道科学发现的成果的唯一途径。因而这些报告就很象奉命发表的科学大会的文告。报告的内容总是包括科学家对一切重大问题，诸如哲学、生活、宗教、性和道德等问题所发表的意见。这是报告的最显著的特色。

万镑以上。……目前学会管理的科研费用一共约为每年31,000镑。这项管理工作使会友们花了不少时间和精力。他们欣然地而且出色地在许多委员会中做了很多工作。为此而向他们致谢，是一个令人愉快的义务。

这些款项的使用在相当程度上受到了各个信托基金条款的限制。不过学会还是有很多机会来决定总方针的。在捐款人的愿望允许的范围内把重点放在全面的或者基本的研究上是理所当然的，正确的，而且捐款人所提出的条件本身的确也是有利于这类研究的。

可以看到有不少其他机构也拥有用于类似目的的基金。在1851年度展览会皇家委员会发表的一份清单中，这个委员会是最老的机构之一，而利弗赫尔姆信托基金会是最新的机构之一。这份清单包括卡内基信托基金会，哈利·斯图尔特信托基金会，拜特纪念研究员基金会等著名单位。其中还有各种城市公会。在许多以各种具体的应用为目的的团体展开活动之后，自然知识改进会也成立起来。国防机构的每一部门都自己设有研究实验室，医学研究委员会，科学和工业研究部，农业研究委员会，邮政局等等也是这样。

和自然知识的直接应用更密切相关的是我国各种工业的实验室。它们之中不少是久负盛名的。总的来说，工业实验室本应成为工业中十分经常的因素，但还有一定距离，不过近年来的确已有所改进。

这样简略地列举出某些促进自然知识的单位，目的在于让人们想起在这方面所完成的工作总和是很大的。它可能还远远地达不到所希望的目标，然而它已经形成了一个开始在某种程度上联合起来的力量了。这是一种可以作为整体来看待、可以按其特性和其影响来加以考虑的力量。它就象吉卜林的船一样，开始发现自己了。

一个立即可见的结果是书籍出版数量的剧增。科学学会的出版物数量一倍、两倍地增加了；它们的财务人员往往穷于应付由此产生的额外费用。许多工业出版物也包

群众中普遍流行的对科学知识的现状的奇特印象，主要应归咎于这些报告，因为这些报告对事实真相作了双重歪曲。不过近年来，这个协会变得越来越过问科学的经济，社会，甚至政治方面了。科学家们在某种程度上一直在受审判，他们就是在协会开会期间为自己作辩护的。在协会主席的演讲中，甚至在某些不那么具有专业性的会议上，都就科学对社会的价值问题进行了讨论，而且意见往往很尖锐。显然，这个协会的潜力还很大，应该利用这个协会来使科学家和公众对科学在社会生活中的重要性有更为深刻而切实的认识。

政府科研工作

政府在促进科研工作方面所起的作用在重要性上仅次于大学。政府在四个方面对科学产生兴趣——战备，工业，农业和卫

括特别研究工作的记录。自然知识随着人们对科研的鼓励而大大增多了，我们有一切理由对此感到满意。

至少在某些方面，所取得的知识的应用情况也是令人满意的，不过不同的观察者按照他们在广阔领域中所处的不同地位对此有不同的判断。在全国的健康状况和普遍福利方面，在我国的工业，在我国的贸易实力和我国的国防力量方面，都有了显著进步；这些都是最重要的事情。虽然这些进步都只不过是达到一个目的的手段，这些进步和知识的适当应用却是首先应当加以考虑的事情。

任何一种科研工作都可能对这种应用作出贡献；因为即使那些认为从事科学研究决不应考虑科学的用途的人也不得不承认，只有极其纯粹的科学才会在无限的远方同科学的应用相遇，象一条直线在无限的远方和其平行线相遇一样。一般来说，我们可以预期：科学研究很快就会遇上应用的问题，以致科学研究的应用问题在现时就具有重要影响，因而必须把它考虑进去。学会会员个人可能使自己的思想和实验局限于一个孤立的范围，并从而尽他作为会员应尽的义务。不过学会作为一个整体就应当持有更为开阔的目光，经常注视科学进展和有关的人们之间的关系。当它着手管理委托它的巨额金钱的时候，它就接受了这些义务了。根据会议记录可知在学会创立早期，会员们就承认了这方面的义务。不少创办人在政府中占有重要地位。他们的科学工作和国家需要直接相关。在学会存在的整整三百年期间，同样的理想一直鼓励着学会的活动。在某些时候，这些理想所起的作用不如在其他时候有力。然而这些理想的总的目的从来是明明白白的。所以学会的整个工作是目的在于提高知识以期获得有益成果的总的努力的一个重要部分。"

生。前两种活动是密切关联的，不过卫生和农业科研都同战备有间接的但却很重要的关系。我们将在第七章中更详尽地探讨政府为了备战而开展的科研工作的性质和意义；现在只需要说一下三军各设有自己的研究部门就够了。这些部门自然主要是致力于工程，物理和化学方面的研究。甚至在这次扩军运动之前，这些部门每年的费用总数就几乎达到三百万镑。这至少占每年科研费用总数的三分之一。但是如果不经过进一步的说明就把这个数字接受下来，却是不公平的，不过却也难以对它进行详细的分析（参
见附录IV）。我们必须假定，大量专供三军科研使用的经费并没 43
有用于真正的科研工作即实验室工作，而是用于具体武器和军用机器，坦克，试验用小艇，飞机等的大小规模的试验。

科学和工业研究部——国家物理实验所 科学和工业研究部领导之下的政府工业科研工作，比较易于检查。它大体上属于两种类型：政府所属的实验所本身和工业研究协会。在政府实验室当中特别重要的是国家物理实验所。它兼有负责制订各种工商业度量单位的中央标准局的职能和工业物理研究实验所的职能。它特别拥有实验池和风洞等对制造船只和飞机极为重要的大规模液体动力和气体动力设备。它还拥有在工业条件下测试材料性能的最完善的设备。国家物理实验所在它的年度报告中详尽地说明了它的工作成果。它使人产生了如下的印象：日常检验工作所占的地位过于突出，因而使它的其余活动可以说归于无效。国家实验所对材料或生产方法进行测定的目的当然是要找出缺陷。这个实验所的积极的工作似乎只限于设法纠正实际工作中所产生的缺陷。这项工作当然是很重要的；显然在任何应用科学研究成果的体系中，都应该进行这项工作。不过我们还是有理由指出，象国家物理实验所这样的机构不应把自己的工作局限于上述范围。

它应该象关心补救原有缺陷一样地力求发现新的可能性。该实验所中和三军科研工作关系最密切的部门——即汽体动力学和无线电部门——的工作成绩说明它在这一方面可以做到什么程度。在这些部门里，主要的考虑是新的生产方法和积极发展技术的问题。国家化学实验所的职权范围更小；它本质上是一个化学分析实验室，从化学角度来帮助商业部实现产品标准化。不过政府不大采取什么积极行动来指导化学研究工作。

燃料研究工作 除开这些机构外，两个主要的政府研究所便是燃料研究委员会和食品研究委员会。政府花在燃料研究委员会身上的钱不下于花在国家物理实验所身上的钱〔参看附录Ⅱ(B)〕。
44 它的任务是研究煤的利用，特别是从煤中提炼汽油的方法以及使国家不依靠国外石油供应等课题。因此它在国防计划中所占的重要性是毋需强调的。不过联系到政府研究工作和工业的关系，值得注意的是：煤的氢化方法主要是由燃料研究委员会研究出来的，但不是交给一家政府工厂使用，而是交给帝国化学工业公司使用。该公司甚至还得到政府的变相巨额津贴金，因为通过这种方法生产的汽油是免税的。这笔税的税金等于它的出售价格的五分之四。

食品研究工作 食品研究委员会是发展得最快的政府研究部门之一。它几乎一直是专门研究食品保管方法的。最初的目的是用这些方法来帮助国内食品生产者；实际上人们发现，研究工作创造了十分有效的食物保管方法，使人有可能在大得多的规模上从遥远国家运来食品，从而利用地区差价为帝国及外国产品带来了比过去多得多的利润。这种利润仅部分地被关税壁垒所抵消。这种研究工作的十分令人注意的地方是：在食品保管和加工方面，把科学应用于前科学时代传下来的简单方法上是极为有效的。这说

明，在充分的规模上应用生物工程学可能会取得极为惊人的效果。它和新的农业技术配合，可能在技术上解决世界食物的供应问题。我们仍然缺乏的，是实现这种可能性所必需的社会和经济调整。

林业产品和建筑　还有两个值得注意的研究所是林业产品研究所和建筑研究所；两者都很有希望，但由于官僚主义的种种限制和它们所服务的工业的无政府状态，它们的工作都停滞不前。可以从它们自己的报告中看出木材研究工作的困难情况达到什么程度：——

> "帝国海外森林和联合王国用户之间有一条由三个环节组成的纽带，实验室的研究工作仅能提供中间的一个环节。这三个环节是：(甲)关于供应和价格的情报；(乙)关于木材质量的情报；(丙)推销。……帝国销售委员会的工作范围本来包括这三个环节。现在，这个委员会撤销了。我们认为应该乘这一机会重申我们的意见，以便在帝国销售委员会撤销之后，象有人照顾第二个环节一样，也有人充分照顾第一个和第三个环节。如果我们在普林塞斯·里斯巴勒继续研究帝国木材质量问题，但却没有关于木材供应的适当情报，那就等于 45
> 是不打地基就造房子。如果这样做，但却没有一个适当的销售组织，那也等于是造一幢没有门窗的房子。……"—摘自科学和工业研究部咨询委员会报告书，1932——33年。

从这以后，由于设立了殖民地森林资源发展部，已经在消除这些不正常情况方面做了一些工作，不过还有大量工作需要做。

建筑研究站与众不同的地方在于，它的研究范围既涉及生产者，也涉及消费者。它近年来致力于研究住房的方位、隔热和家庭生活便利等方面的设备条件。

研究协会　　科学和工业研究部的研究协会是在大战将近尾声时设立的。它的明确目的是要向英国工业家表明应用研究的价值，并且要防止1914年的情况重演。那时更加注重科学的德国工业趁英国工业的不备占了便宜。政府捐赠了1,000,000镑钱并且在“一镑对一镑”的基础上向研究协会付款。换言之，即工业企业每捐赠一笔钱，政府就付出同等金额的钱。其目的是：等到这一百万镑钱用完时，工业本身就会理解科研工作的价值，这样就不再需要这种扶植了。结果说明，这些目标仅部分得到实现。一共大约设立了二十所这类研究协会，主要是在1918年至1920年间。其范围包括我国全部工业的百分之五十。其余的行业，主要是老式的和传统性的行业。它们认为自己完全可以毋需科研而维持下去；无论如何，即令出了什么问题，也可以依靠保护关税，那是更好的办法而且用不着花费什么钱。头五年过去以后，制定了一个逐年减少政府捐赠的制度但是却行不通，于是采用了一个新的“基准线”制度。专家们为每一工业部门规定了基准线数字，只有当工业企业本身提供了相当于这一数字的捐款的时候，政府才付给“一镑对一镑”的赠款，其最高数额不超出基准线数字的一倍。这样，假如工业界充分利用这一办法的话，政府就为工业研究总费用提供了三分之一的钱。这项百万镑的基金后来全部用光，于1932年在经济萧条的最严重期间告一段落。有一段时间，人们不想放弃橡胶研究工作。假如人们也不准备放弃整个工业研究工作的话，那末除了继续由政府补助之外，就别无他法。目下，形势正在好
46 转之中，不过大家认为还远远地不够令人满意。在截至1936年3月31日为止的那一年度中，全国一共向研究协会提供了346,479镑，其中有108,951镑是由政府提供的。

主要困难在于经费，其原因将于下面加以讨论。工业企业对

协会的捐助金额小而且无规律，它当然在很大程度上是随商业循环而变化的；不幸政府的津贴也往往是照同样的曲线波动的。结果收入十分不稳定，使人不能制订长期的研究计划，因而不得不集中力量解决眼前的，往往是比较琐细的问题。一份报告书(1933年)，把这一情况作了一个很好的总结：

"经费不足继续在各方面阻碍着研究协会的工作。假如有足够经费可以聘请有资格的科学家来适当处理等待解决的问题的话，这些问题在科学上本来并不难解决，不过由于没有经费雇用足够的人员并向他们提供专业上所需要的工具，上述问题仍然不能解决。……

在经费来源无把握的情况下是不可能制订出明智的计划的。在此情况下，短浅的目光往往会压倒长远的打算。结果，极其重要但却不能立刻见效的研究项目往往被专门的研究排挤掉。总之，研究协会无法有效地进行工业发展所必需的一些研究，也无法为它们的工作规划的重要部分制订计划，除非这些计划在研究协会科学工作人员看来有相当的经费保障。因而只有当研究协会觉得有把握得到经费支援，可以在长达数年的期间开展活动时，它们才能希望去开展上述研究工作。

只有养成科学的思考习惯并且根据已有的技术知识对制造方法仔细地和不断地进行考察，才能保证工业得到新的技术进步的全部好处。

此后情况当然大有好转，研究协会得自政府和企业的收入都迅速增加了(见附录II(C))。这就引起了自满并且使人认为：英国工业科研情况一切都很好。现在的确有机会对科研工作进行资助，以便使进行中的工作不致遭受下次萧条的影响(参看边码第317页和附

录V)。不过由于当局认为：决不会再度发生萧条现象，或者认为，这种制度是经不起第二次萧条的打击的，因此它们不大有可能采取任何措施，同国家物理实验所及其附属研究所的工作比起来，研究协会的工作在技术上更具有直接见效的性质。它们所处理的问题大多同工业生产过程中发生的困难有关，诸如金属在某些应力作用下产生的缺陷，或巧克力糖存放一段时间后发生表面无光
47 泽现象的原因*。但是对于表面看来无关紧要的问题加以注意往往能促成工业上的巨大节约。例如，研究熔化生铁所用的焦炭质量的结果，企业每年节省燃料费达800,000镑，研究冻肉表面上的粉霜的结果，企业每年节省300,000镑(参看附录V)。举这些例子只不过说明：只要把科学直接应用于工业，即使研究范围极其狭隘，而且仅仅试图解决一些弥补缺点的问题，也可能使节约的成本大大超出研究费用。

现有的研究协会见于附录II(C)。它们大体上可分为六类，我们可以从它们分得的经费款额来断定其相对的重要性。重工业，电气工业和纺织工业得到了最大的发展。机器制造业，造船业，水泥，制砖，玻璃和酿造及烟草工业没有设立研究协会。不设立研究协会的许多行业是老的，传统性的工业。它们大多分成无数小企业。它们并不感到有必要进行科研或者由于害怕泄露自己的行业奥秘而真的对科研心怀疑惧。

化学工业是一种大不相同的工业，不过它也没有设置研究协会。这里的问题不如说是一个拥有广泛的国际联系的巨大垄断工业宁愿自己单独搞科研，而不需要同政府部门合作。**

---

* 为了了解进一步的详情，读者可参考科学和工业研究部的年度报告(英王陛下出版局)。

** 参看帝国化学公司在调查私商军火制造情况的皇家委员会面前所提供的证据记录。

研究津贴　科学和工业研究部除了资助研究协会之外，还对主要是在大学进行研究工作的学生提供高级和初级津贴。它在这里直率地承担了教育部无法完成的任务。拿津贴的人数不多——在二千名优秀理科毕业生之中每年大约只有八十名，不过即使这样，由于对有训练的研究人员的需要量极小，其中只有三分之一的人继续进入工业研究部门工作。这个部门的这一部分活动相当有助于基础研究，因为尽管学生人数不多，他们为学术研究增添了一支可观的生力军。不过这整个制度却处于不正常的状态，因为没有人对科研工作加以协调，或者设法把研究工作同工业上的问题联系起来。津贴本身金额极小，使接受者处境困苦(参看边码第84页)。它是否达到原来的目的殊值怀疑。

由此可见，在英国由于有了科学和工业研究部而存在着一个很不完善地囊括大部分工业活动的科研体系。政府的科研工作当然要比大学的科研工作更密切地联系到日常的问题。我们甚至可以说在目前经济制度之下，这是国家把科学引进工业中去的最好 48
的办法。它的指导原则之一是抚慰工业家们，机智地向他们指出科研的好处，同时向他们提供充分保证，说明政府决不希望同他们竞争。这样，在二十年中，它就渗入到英国工业中较先进的那一半中去。一项更为直截了当的政策也许反而可能遭到失败，不过如果我们说它所取得的成就达到了国家科学机构——即使是资本主义制度下的国家科学机构——的要求，那就未免过于乐观了。

医学科研工作

医学研究委员会　政府除了进行军事科研工作与设置科学和工业研究部之外，还直接过问医学和农业的科研工作。医学研

究委员会设立于1920年，目的在于协调原有的，多少各自为政的医学研究津贴发放工作。这个委员会在行政管理上同科学和工业研究部大不相同。它主要是一个谘询机构而不是执行机构。它所能处理的经费也少得多，目前(1938年)仅为每年195,000英镑。委员会直接控制自己的各研究所，其中最重要的是汉普斯特德的国家医学研究所；维持这些研究所需58,500英镑。拨款的余下部分大多用于津贴全国各地的个别研究工作者。在这方面，有证据说明他们进行了合理的统筹，胜过科学和工业研究部的类似计划。他们选择了一些重要问题加以研究，有时这些问题是由工作人员组成协作小组来进行研究的，例如，维生素D的构成问题便是由国家研究所的一个这样的八人小组成功地加以解决的。不过从报告书中可以看出，也有大量研究工作完全没有协调。它们都是有地位的人认为可能取得重要医学成果的研究项目，并且由委员会加以津贴。结果，完成了不少出色的工作。——例如，剑桥的生物化学实验室主要就是从这里获得津贴——但是如果实行一项更为全面的计划的话，所取得的成果会比这不知大多少倍。

而且医学研究委员会的方针缺乏严格的连续性。它经常受到医学研究上的两种不同概念——临床观点和科研观点——之间的矛盾的干扰。前一观点目前开始支配着这个委员会的方针。这种观点认为：研究的目的应着眼于取得医学上有直接价值的成果，而且
49 研究人员照例应该持有医学学位。不过高兰·霍普金斯爵士在1934年以主席身分向皇家学会致词时就有见识地指出，在缺乏足够广泛的科学背景知识的情况下，过于单纯的医学观点是危险的。*

---

* 弗雷德里克·高兰·霍普金斯爵士在1934年11月召开的皇家学会年会上以主席的身份致词(《皇家学会会议记录》，第148卷，第24—25页)说：

“在一切研究生命机体的科学的历史中可以找出一个天然的次序。首先是对形态

委员会的科研工作即使在它发展的全盛时期也受到种种影响，主要是受到经费不足和缺乏全面指导的影响。* 委员会手头没

进行研究的单纯描述阶段，这种形态研究归根结蒂会促使人们去进行分类。接着是对机能进行研究，并且设法把机能和结构联系起来。以后就注意到形成结构和外形的材料的性质，再以后，就力图探索构成积极机能的一切表现的基础的分子力学活动。现代生物物理学和生物化学忙于从事最后一个任务。这一工作虽然才开始不久，却已在今天取得进展而且其进展还在加速之中。

我相信，我们最终将会从理智上充分了解这些看不见的活动的情况以及它们在生物组织中的结构。那时，我们的思想会深入到可见现象表层之下。人们将以新的观点来看待疾病本身。我确信：即使在今天，单凭可见事物来进行思考的人们可能仍然不理解那些从分子活动角度来思考的人对今后进展的想象。

研究完整的物体至多只能对推进这种知识起极小的作用。你们自然会明白，我所讲的始终仅涉及知识的进展而没有涉及知识的应用。

说到这里，我要停一停，请你们不要把我仅仅看作是一个妨碍者；我不希望看到人们在一个从事物本性来看必然始终极为重要的领域中的活动受到阻碍。我个人希望看到每一所能够为实验医学讲座提供完善临床诊所的大学都设置一个实验医学讲座，而且——如果能鼓励临床科学而又不影响实验科学的话，我希望鼓励办法越慷慨越好。我们应该在一些领域中探索新知识。我只是要求在为今后医学研究筹划捐款的时候，应当适当考虑到这些领域的相对广度。

不过我似乎已经感到，在国内和其他国家中，开始产生了一个明确的动向。它当然不是忽视实验室，而是在分配医学研究经费的时候向临床诊所提供过多经费，其规模之大可能危及基本生物科学研究的前途。我说，这些话是由于我深信，从长远来看，这样的方针会妨碍科学进展。

我不禁要引述克努德·法布尔所引用过的一句话。这句话摘自伟大的法国内科医生夏尔科的著作。夏尔科教导我们说：临床观察应该始终是为临床诊所本身的存在进行辩护的最高法庭，不过他又说：如果没有科学革新，它不久就会变成一个落后的常规工作，而且仿佛是变陈旧了。法布尔说，夏尔科很明白，基础科学是临床观察和临床分析经常汲取前进推动力的源泉。"

* 政治经济规划学会编写的《关于英国卫生机构的报告书》(Report on the British Health Services)第312页对医学研究委员会的工作有略为不同的看法：

"过去临床研究一直是同专业实践密切结合的。在既是科学又是一种技术的外科中必然是要这样做的。不过在某些学科中，把医学科研人员和医务人员的职能划分开来可能是有好处的。过去医学实践和研究所以一直合在一起，部分地是由于研究人员报酬太少。不过近来已经采取措施，使专职科研人员的薪金有保证，使他们感到值得放弃私人开业的报酬。医学研究委员会已经多少成功地争取到更多专职高级研究职位和高级教学职位，从而制止了青年科研人员私人行医。委员会已经在伦敦主要医院设立了特别临床研究单位(在第五章中提到)。牛津的纳菲尔德信托基金会也遵行这个方针，不过除开对工作的爱好之外，没有什么可以诱使有才华的学生在毕业后献身于医学研

有足够的钱，只能向少数大学生理和生物化学研究人员提供津贴。因而工作就具有个人各自为政和不协调的倾向。这一点在谈到大学的科研工作时已经提到了。同时，所有受政府资助的科学家们本来就都处于朝不保夕的境地，就医学研究人员来说，由于难以取得任何其他职位，情况就更为糟糕*。由于这个原故，原先存在的要求医学研究人员必须具有行医资格的压力就更大了。这是一

究工作。在某些学科中，对科研人员的选拔和训练也还是注意得太少，虽然提供了相当多的奖学金和研究津贴名额。

医学研究的成果是通过专业杂志传授给医学院学生和其他人的，不过普通开业医生却几乎无法跟上最新的科研成果。但是由于开设了研究生班，由于卫生部和苏格兰卫生部分配经费，使得那些为参加国民健康保险者治病的开业医生能够参加研究生班学习，这就有助于传播有关研究成果的知识。正如第三章所指出的那样，企业家并没有推行或者甚至没有研究过科研人员在工业卫生领域中的调查结论。这部分是由于工业卫生研究委员会不敢对自己的调查结论进行普遍宣传，只怕卷入争论，以致可能损及它的中立和超然地位。

医学研究尽管有了一些缺点，但总的说来，除了涉及国防的研究工作以外，大概比英国所有其他各类主要研究工作都更为全面，规划和组织得也更为完善，其人员配备更为充足，经费也更为充足。它具有极大的优点：它有一个领导有方和密切配合的生气勃勃的传统，在许多部门中拥有高水平的工作人员。在生理学和病理学的基本问题上，医学研究工作尤其有成绩，不过虽然对问题有了一个宽阔的眼光，还需要对产生了这么多矛盾的经济，社会，心理和人口问题进行多得多的研究。最急需的补充研究工作并不是纯医学研究，而是主要属于卫生部和苏格兰卫生部职权范围内的混合和应用性质的研究工作。这两个部最近做了一些属于这一类型的出色工作，例如联系到社会条件对英格兰，和威尔士的产妇死亡原因进行了调查并且探索了苏格兰受保险的人中间疾病发病率情况。这种工作大有发展前途。它把实验室工作和日常生活沟通起来。

医学研究的一个同样严重的缺陷是没有一个对外联系机构，以便使公众，包括工厂主和工人等特殊集团，了解许多有待很好利用的有价值的发现的大体内容。把涉及面广阔的人类问题的研究成果埋葬在很少有人阅读的技术报告中，倒不如干脆就不要进行这种研究。医学研究委员会在1934—35年度的报告中提出了这个问题，但是仍然没有采取什么充分措施，用明白的措词向公众宣布同他们有切身关系而且主要是用公家钱搞出来的保健方面的发现。虽然有些事情仅仅需要让医学工作者知道，尽管在什么机构向公众提供情报最为适当的问题上有分歧意见，显然还是需要有人把大量保健情报告诉公众，目前是没有什么人告诉他们的。”

* 莫特拉姆教授对委员会的经费方针作如下的评论：

项很成问题的方针，因为进行科研的能力和行医的能力是大不相同的，而取得医学学位必然意味着损失二至四年的研究时间。

医学研究委员会的一个重要分支机构是工业卫生研究委员会。这个机构负责研究各种疾病的许多方面，还负责研究工厂车间和矿山的劳动条件。当我们考虑到，除了营养不良外，工业劳动条件是疾病和死亡的最重要的原因*的时候，我们就可以看出这个机构具有多么巨大的潜在重要性。实际上，它的职权范围由于两种因素而受到了极大的限制。第一，为了获准研究工业劳动条件，它不得不一直是一个纯粹的谘询机构，既不是行政机构，也不是宣传机构（见本书95页原注*）。它既没有权力调查工业劳动条件，也没有权力强制执行任何有关的措施，甚至不能够把这些劳动条件公诸于世。第二，虽然它不再叫做工业疲劳委员会，人家还没有完全消除对它的怀疑，总疑心它是受雇主们利用的，起码是既要保护工人健康和舒适，也要通过改善物质条件来加重工人劳动强度。这就妨碍了工会对它的工作给予重要的积极配合。

私人医学研究 在这里顺便谈谈我国医学研究的其他方

“政治家对科研需要的看法可以从下列事实看出来：在英国1931年的金融危机中，不但医学研究委员会固定工作人员的薪金减少百分之十——这也许是不可避免和可以辩解的——而且研究津贴的金额也减少了这样多，使不少有价值的工作夭折。为了每年‘节省’可怜的19,000镑左右的钱，竟然使本来可以救活无数生命的研究工作由于经费不足而化为乌有。因为经费是科研的生命线。经费主要是用来津贴研究工作的，但是它在津贴科研工作者方面也是极为重要的。这种人在英国和美国多得很——事实上，他们队伍之中存在着严重的失业危险，多年训练的成果也弃而不用。今天英国医学研究由于财政部的吝啬而无法进展。”——《科学遭受的摧残》(Frustration of Science)，第81，82页。

* J. 库新斯基在《工资理论的新花样》一书中以统计方式研究了失业对死亡率的影响，而且清清楚楚地发现，死亡率所以略有降低是由于某些工作条件造成的疾病消失了，以致足以抵消伴随失业而来的营养不良所引起的普遍衰弱现象。

面。大学，私人医院和市立医院以及各种私人资助的研究所都对医学研究作出贡献。这种研究大部分是在各个医院和医学院里进行的，规模很小。而且研究工作的类型比医学研究委员的科研项目
50 更具有临床的性质。很难对费用总数作出估计，不过每年不可能超出 200,000英镑。* 假如我们考虑到每年用于治疗和赡养病人的估计费用多达200,000,000镑**，其中医务从业人员拿到的钱肯定不少于60,000,000镑***的话，那末每年用于医学研究的400,000镑总费用就显得少得可笑了。根本的困难是：虽然对病人的治疗效果归根结蒂几乎完全取决于医学研究，医生所收的费用却与医学研究完全无关；事实上，医学研究越是发展，它的成果的应用越是广泛，为私利行医的整个制度就越加显得荒谬。比这种考虑更有密切关系的是这样一个事实：并没有一个组织完善的机构来管理医学研究的发展问题，同时私人行医的制度和经费极度不足的私营医院制度实际上不可能推动医生们自己对医学研究规划作出捐献。****政府的兴趣显然是冷淡的。毒气战争防御部的经费实际上比医学研究委员会的经费还要多一些(204,000镑)。

不用说，医学研究委员会活动范围以外的医学研究工作相互之间和这种私人医学研究工作同委员会的研究工作之间实际上都是互不通气的，而且私人研究工作者的处境也相应地更为恶劣。

---

* 自从我写了这段话以后，由于纳菲尔德勋爵对牛津大学医学研究工作给予巨额捐助，情况大为好转。要估计这一笔遗赠的作用还为时过早，不过部分地由于牛津地区不能提供充分临床资料，部分地由于临床研究本身的价值有限，象F. 高兰·霍普金斯爵士所指出的，它似乎不能充分发挥作用。(本书94页注)

** 政治经济规划学会《关于英国卫生机构的报告书》，第25页。

*** 大约有34,000名实际开业医生。一名为参加国民健康保险者治病的医生的估计平均毛收入为1,700镑。不过人数达一千名以上的专家收入比这多得多。见同上所引述的著作。

**** 参看克罗宁关于行医职业的一本刻画入微的小说《城堡》。

的确，过去在不比现在更好的条件下，医学研究工作也帮助过医务人员取得重大的，甚至革命性的成绩。但是我们决不能利用这个事实来为目前的麻木不仁和自满情绪辩护。早期医学研究所取得的成绩是发现疾病的细菌理论的结果。这种理论使人们虽然对于传染和复元的机制只有比较肤浅的认识，但仍然能对急性疾病加以控制。在现代的条件下造成大部分死亡(由于营养不良而引起的死亡不计在内)的则是慢性疾病。慢性疾病问题大体上还没有获得解决，而且要求人们对生理现象取得更加彻底的了解，以便解决这些问题。只有作出更为巨大的努力来发展医学研究，经过相当一段期间才能出现这种局面。如果我们考虑到由于缺乏医学研究，每年有成千上万的人死于非命并且有亿万人受到病魔的折磨的话，那末我国医学研究现状就不仅是一种耻辱而是一种犯罪行为了。

农业科研工作

农业科研的情况比医学科研情况更为混乱。农业研究经费来 51
自若干不同的政府部门，来自地方当局，来自各种依靠自由捐款维持的团体以及商业企业。人们想通过设立农业研究委员会来协调这些经费来源。设立这个机构并不是要使它象科学和工业研究部那样在自己的活动范围中统一地接管和管理农业科研经费，而仅仅是要它协调经费来源并防止现有开支有重复现象。农业科研工作是在全国的一些不同的试验站中进行的，但是每一个试验站都从许多不同的来源获得经费。在这种情况下，要想提供一项统一的农业科研方案，困难实际上是无法克服的。政治经济规划学会就这一点所提出的一份报告书令人钦佩地综述了这一情况：

"英国的农业科研经费的使用方式极为奇特复杂。要想详尽地叙述这方面的实际情况，远远不是本文篇幅所能胜任的。可以简单地综述如下：英格兰和威尔士划分为若干区域，由十七所农业学院和农业研究所分管，其收入的百分之九十来自政府的一整笔159,000镑补助金。研究所是独立自主的，它们的工作由一位所长控制，人力、物力、财力都由他支配。

这些研究所从国库中得到的补助金数额由中央政府所属五个部门，即农业部，苏格兰农业部，发展委员会，农业研究委员会及财政部为一方以及地方当局和研究所及实验室领导人为另一方通过协商决定。这些研究所如果得不到这笔钱是无法存在的。

虽然我们可以清楚地划出行政管理的总系统表，可是，各县当局之间的关系在细节上有巨大的差异，给人以相当复杂的印象。

除开经费不足的问题外，目前农业科研的安排受到各式各样的批评。有人从农场主的观点提出，目前许多科研工作实用价值不大或者根本没有实用价值，要么是因为在进行这种科研项目时并没有充分顾及实际农业条件，要么就是因为这种科研项目仅研究某些方面，而毫不触及在采取措施前必须加以研究的其他方面，要么就是因为它们是以普通农场主所不能理解的方式或者是在他从未听到过的出版物中提出来的。此外人们还提出：所采用的组织形式过于复杂，一个普通农场主所提出的问题很难得到迅速的解答，除非他的问题简单得可以由现场的顾问立即加以回答，而这个顾问显然无法同不久以前的、更带专门性质的许多课题的研究工作保持充分联系。

人们还提出：由于职权划分得太繁复，产生了一套相当复杂的规章制度，为的是保护各有关方面的利益，结果除非 52
询问者恰巧是熟人，有关方面很容易用过于谨慎的态度和拖拖拉拉的态度来对待各方的询问。又有人认为：牲畜疾病和家畜研究同果品研究之间的经费分配与有关的农业生产在国内的相对重要性不相称，和它们需要得到科研帮助的紧迫程度也不相称。前一种研究经费很感缺乏，而后一种研究经费则很充裕。人们还根据同一理由批评基础研究和特别研究之间，或者经济学和病理学研究之间的经费分配。人们还提出：假如现行的经费分配办法确有理由，至少也应该整个地予以公布，提交公众审议，而不应该有这么许多不同的批准手续，也不至于如此复杂，以致只有一个头脑清楚的会计员才能搞清楚情况。有人埋怨说：人们不知道可以向什么地方提出有关值得研究的新科研方针的请求、建议和意见，而且在提出建议时还可以确信：有关方面会同情而迅速地予以审查，而且当他们认为建议有价值时就会接着采取行动。

我们可以对农场主所提出诸如此类的批评意见加以答辩，而且可以提出更多的意见。例如，研究工作人员可以说：尽管有着许许多多困难和广泛的阻力，他们已作出非常巨大的贡献。他们可以指出，国家向它的不少法律和医学顾问们支付1,000镑以上的年薪，可是从事农业研究的人极少能够指望得到800英镑以上的年薪，即使他们的薪金已经是800镑了。薪金水平如此之低，身兼教育、谘询、科研和行政人员的现象如此普遍，可以断定，收入低微和工作过劳的人员是无法比目前做更多的工作的。我们还可以说，有效的科研工作有赖于热心而聪明的合作，而农场主并不是总是会给予这样的

合作的。如果农场主不多费点脑筋弄清自己的需要，或者说明自己的需要，他们就不可能指望别人认识到他们的需要。最后，研究所所长，可以说，他们自己的很大一部分时间都浪费在向一些官方的和非官方的负责发放津贴的机构申请和随后连续申请零星资助上面。行政人员又可以反驳说：这个体制不管从字面上看多么繁杂，却已经在现有的财力和人力容许范围内，产生了极好的成果：事实上，通过私人之间的联系还是细心地和不断地保持着相互间的配合；虽然有时会产生磨擦，可是目前还没有人能制订出一套组织体系，可以使不愿意合作的两个人在一起工作。

我们已经列举了不少论据了，不需要再多加列举就可以看出，第一，现有的体制并不象它可能做到的那样顺利而有效地进行工作；第二，要想把缺点归咎于任何一个具体的有关方面都必然是徒劳的。”——《规划》第57号，第3—5页。

由此可见：无论政府，农场主或者研究工作者都对农业科研
53 现状感到不满。这种情况的产生并不令人感到十分奇怪。英国农业基本上继续停滞于某一发展阶段。这个发展阶段在十八世纪是以盈利为目的的食品生产的先驱试验。不过在二十世纪却变成了不折不扣的时代错误了。农业科研的基本困难不在于有多少研究成果，而在于保证一旦有了研究成果就能用于实际。现代农业的主要倾向是限制产量，以便维持价格。这在根本上是同任何农业科研目的相违背的。丹尼尔·霍尔爵士在《科学遭受的摧残》一书中说过：

不论是由于国家对农业的干预，还是由于同世界性不平衡有关的更为普遍的原因，销路不限于本地的各种农产品充斥于市场。批发价格肯定地低于一般生产成本。人们普遍地

把这种低的市场价格归因于生产过剩。可是从过剩的通常的意义上来说，食品生产过剩应该说是极其遥远的事。消费者对食品需要的明显特征在于它对质量要求的伸缩性，即便我们承认所有的人都在数量上得到了满足（这绝对是不符事实的）。家庭收入越少，饮食中谷物——小麦，裸麦，玉米，大米——的比重就越大，因为这些物质提供身体所必需的最廉价的能量来源。随着家庭和社会收入的增加，谷物就会越来越多地被牲畜产品——肉类，乳品，蛋类等——以及蔬菜和果品所取代。肉类和牲畜产品本身就是利用谷物和来自土壤的初级收获物生产出来的。所以过剩的小麦可以转化为咸肉或蛋品，而从能量观点来看，这种转化是一种浪费；小麦所包含的维持生命的物质是由它转化而成的肉类所含的同类物质的五至十倍。再把生产蔬菜和果品同生产谷物所需的劳动量相比较，同样可知，比照生产成本，即耗于种植的劳动量，蔬菜和果品所具有的维持生命的能量是低的，所以全体居民要求于农场主的总需求——即需要土地生产出来的总产量——将随着公众的购买力和生活水平而提高。贫穷的阶级除了谷物之外所耗不多。谷物对土地面积和农场主的劳动力需求最小；要向比较富裕的阶级的家庭供应混合性的饮食，就需要更多的土地、劳动力和技术。从这一观点来说，断言食物生产过剩是毫无意义的。

可是按照实际需求和价格来衡量的生产过剩现象的确是存在的，于是人们就要求科学界停止它在增产上所作的努力，目前普遍试用的补救之道是限制产量。人们正在缔结国际协
定来限制小麦、糖和橡胶的生产。巴西一直在焚毁咖啡，美 54
国已经把棉花和烟草挖掉并且把小猪杀掉，爱尔兰自由邦已

下令杀掉小牛。农业科学研究工作者为数极少。他们在各国中的人数是在上世纪下半叶逐渐增多的。他们已经能够多少控制自然了，但却似乎发现自己已经不复为世界所需要了。也许情况并不完全是这样的，因为假如世界各国都采取本国自给自足的方针的话，种植大米的任务——例如在埃塞克斯——，就会大大需要科学。不过要是以居民所拥有的真正财富来衡量好事情的话，亦即以个人在世界资源中所分得的份额来衡量好事情的话，还是有一个较好的办法的，那便是也利用科学来改进世界生产力的分布状况和管理世界各国人民。

在一百年之前，工厂并没有一下子把手工纺织机都换掉。就农业而言，个体劳动者在斗争中还具有另一个有利之处，即他至少是为自己的家庭生产食物。不过斗争的最后结果是不容置疑的。假如人们容许自由竞争左右一切的话，拥有资金，势力和科学的组织——换言之即机器——一定会取得胜利。国家以某种形式来组织农业变得不可避免了：英国的不少农业部门，要是不加以“哺育”的话，势将消灭。问题在于：应采取何种组织形式？俄国的方案为我们提供了一个榜样，这可以说是一个力求从土地获得最大生产效率的工程师设计图，假定土地、劳动力和资金都不成问题，而且除了土壤和气候之外没有其他不利条件。这就是我们在美国和热带国家的某些大庄园中所看到的那个工业开发的方法，只不过权力更加集中，由控制一切的国家机构把规模从数千英亩扩大到数百万英亩而已。其目的是要通过使用最少量的人力从土地取得国家所需的粮食和其他原料，而且要通过科学和机器的应用来实现这一点，从而把本来用于这方面的大部分劳动力解放出来，以便用到能增加社会实际财富的其他类型的生产

上去。要实现这一点，就要求具有极其丰富的管理才能和管理全国性组织工作的技术。这种组织工作在世界大战中才开始试行。这就需要进行一场其他国家不准备进行的社会革命。"（第26—29页）

目前每年直接用于补助农业的钱约为40,000,000镑，以关税
等方式给予的间接津贴为此数的一倍。同时建立了一个复杂的市
场委员会的体系，主要目的是防止农场主生产超出定额的食物。
其结果象约翰·奥尔爵士所指出的那样，有一半居民吃不到足够
的合适食物。假如把农业津贴费用的五分之一用于农业科研工作，
而且运用政府权力，保证科研成果迅速得到应用，象在埃及等比 55
较落后的国家，就有可能在增加生产，向居民提供丰足的食品，
只要小麦和肉类基本依靠进口，同时大大降低生产成本，使农业
毋需津贴而有利可图。以复杂方式结合在一起的保守主义、偏见
和既得利益阻挠这样做。大概正是由于这个原因，单纯由于营养
不足而造成的死亡和痛苦才比由于公共卫生体系不灵而造成的还
要多得多。

工业中的科研工作

要估计出各工业企业试验室中完成的科研工作量是不容易的。缺乏关于这项工作的全面调查材料，而且由于它的性质，很难收集到有关的情况。不过可以通过工业中雇用的科研工作人员的数目和工业科研人员在科学刊物上发表的文章数量来看出一些大概情况。我们在一开头就遇上了怎样区分在工业中工作的科学家和技术人员的困难。不少机械工程师必然是部分地从事科研工作，电气工程师和化学工程师就更其如此了，但是他们的工作总的来

说不能列入科研工作，因为他们的工作主要是把已经得出的科学成果化为实用的和有经济效果的东西。在另一方面，工业雇用的许多训练有素的科学家恰恰是从事这类工作的，因而刊物上发表的论文数字也许要比工业雇用的科学家的实际数字更能反映出工业科研在科学研究中的地位。一项取样性的分析说明：虽然工业雇用的科学家数目约占所有合格的科学工作者人数百分之七十*，可是他们向科学刊物所提供的论文篇数仅占百分之二，他们对技术刊物所提供的甚至也仅占发表的论文总数的百分之三十六（参看附录III(B))。在这里还有必要加上主要是由工业企业取得的专利中包含的科学情报（参看边码第144—147页)。不过这些专利的绝大部分是技术改进方面的。除了在有限的领域中以外，专利文献对科学进展所作的贡献是微不足道的。还有必要考虑到秘密进行的科研工作的数量。要估计其数量肯定是完全不可能的，不过，即令只是根据工业企业大力反对联合科研和反对政府详细视察的事实来判断，也可以十分清楚地看出其数量一定是相当可观的。

56 **费用** 用于工业科研的金额同用于政府科研的钱相比大概为数是很大的。我们当然几乎得不到任何数字，不过总金额可能多达200,000,000镑(参看附录II及III)。这个总数当然是不足为凭的，因为它包括用于建立半工业规模的非盈利工厂的费用，而这项费用远比科研本身费用为多。工业科研工作十分不均匀地分布于各行业和同一行业的各企业之中。当然依靠整个科研而存在的较新的行业在工业科研中所占比重最大，而许多较老的传统性的行业差不多不进行任何科研活动(参看附录II(C)及附录V)。在大

* 这里自然没有把学校里的理科教师计算在内，他们在大学学位保有者中间无疑占大多数。

多数情况下，只有行业中较大的企业才能够进行科研，因而我们可以说也许绝大部分的工业科研工作是在极少数企业的实验室中进行的。大部分企业可能雇用一、二名化验师去进行日常工作，而真正的科研工作则至少需要五名科研工作人员。只有三百五十多家雇用一千名以上工人的企业和无线电和精密化学品等行业中规模较小的专业性企业才能做到这一点。我们可以有把握地假定研究实验室的数目在三百至六百所之间。其中绝大部分是小实验室，主要从事于日常监督和发展工作。对工业科研作出真正贡献的也许只有不满一打的大企业。它们拥有工作人员人数达一百至三百名的大实验室。

工作的性质　要估计工业实验室的工作性质也是很困难的。大型的电气和化学企业的一打左右的实验室，在规模上当然可以同政府所办的实验室相比。它们的工作条件基本上是差不多的。它们雇用有很高资格的科学家为主任，并且完成了相当多的比较基本的研究工作。但是毫无疑问，英国在这方面是远远落后于欧陆各国和美国的。英国工业有一种绝对不利于科学，因而也就限制了工业科研的范围和自由的传统。在过去十年中，英国工业实验室很少取得带有根本性的重要成就，可是德国和美国的实验室则取得了不少这类成就。大战以后在英国产生的巨大的新的电气和化学联合企业同国外同业订有共享专利的协议。存在着输入现成的科学成果而不是在英国实验室里取得这些成果的不可否 57
认的倾向。不用说，在外国公司为了逃避关税而在英国设厂的地方，其全部科研工作实际上都是在国外进行的。尽管政府力求保护英国工业的产品和利润，它似乎并没有考虑到怎样保护英国工业的科学主动权。正象在1914年一样，只有当战争临头的时候，当局才会注意到这一情况。我国极有可能在下次战争爆发时，无

法提供足够的科研科学家和技术人员。

除了托拉斯的形成和企业之间的协议所促成的协作之外，工业科研方面的其他协作实际上是不存在的。由于不能保证不发生重复现象，这种缺乏协调的局面本身就直接引起效率低下的现象；实际上，在大部分工业科研工作中，大概工作至少重复两次。在钢铁工业等由于政府的干预而联合起来的地方，是通过研究协会来进行科研合作的。在这种情况下，工作一半处于政府控制之下。工业中的科学家和研究协会之间也还存在着非正式的联系，不过由于需要保密，这种联系既有助于科学家，却至少同样地妨碍了协会的工作。各协会的很大一部分时间都用来为本行业的厂商进行工作。所以我们可以说，总的来说，我国政府和私营企业花在工业科研方面的金额不仅少得可笑，而且所花的大部分钱也由于内部不讲效率和缺乏协调而浪费了。

科研经费筹措

鉴于我们已经谈过的情况，我国科研经费筹措具有十分复杂的特点就不足为怪了。而且，科研经费来源与我们已经列举的科研行政管理系统也不一致。大学的，工业的，独立的，以致于政府的科研工作，都在不同程度上从同一类来源取得经费。主要的一些经费来源是：旧有的捐赠基金所得的收益，新的捐款，政府和地方当局的津贴以及工业给予的补助金。大学科研从四方面都取得经费。上面已经说过，工业科研经费可以取自政府，政府科研经费也可以取自工业，这要看它们对于科研价值的不同估价而
58 定。要估计从这些来源得到的实际金额是极其困难的，不过附录II(B)、(C)及附录III(C)提供了某些公开发表的数字。

捐赠　从最实际的观点出发，旧有基金的作用可以略而不谈，因为只有老牌大学才能从中得到大量好处(参看附录I（D))。在这里，基金所得的收益总数的确相当可观，每年几乎达到1,000,000镑，不过大部分用于维持大学设备和教学。用于科研的钱也许至多为其总金额的十分之一。大学收费所得收入也不应予以考虑，因为这些学费本身还不足支付教学开支，因此也就无从资助科研工作。

新的捐赠数额相当大，但它所指定的受益对象自然是极其缺乏规律性的。主要受益者为各大学，其次为独立的研究所和医院。这方面的数字也不容易得到，不过有的已列入附录中了。和老的捐赠基金一样，这些金额中有多少可以看做是用于科研本身的，自然是不清楚的。大学所得到的许多赠款都指定用于设立讲座，而讲座往往以教学为主，或者用于兴建既用于教学又用于科研的楼房。捐助往往是不定时地大笔收到。它们总的来说有随着商业循环而变动的倾向。就老牌大学而言，这种无规律的现象并不太危险，因为有老的基金可以调剂。在别的场合，捐助可能成为科研工作不稳定和无规律的额外原因。

政府津贴　我们已经谈过政府对科研的资助。政府除了维持自己的实验室之外，还以津贴形式向学生和研究工作者提供资助，总金额是比较微不足道的：医学研究津贴每年90,000镑，工业研究津贴每年26,000镑，农业研究津贴每年7,000镑，合计123,000镑。这些金额虽小，但在大学收支中的作用却不容忽视，因为它们在研究生大学毕业之后和就任高级职位（假如他们能够做到这一点的话）之前的一段时间内，为研究生提供了一大笔生活费。政府津贴开支的管理权主要操在由各大学派代表参加的各委员会之手，虽然它们并不过问具体开支金额。地方当局对大学

的教学工作提供了相当多的经费，但是除了农业研究以外，它们对大学的科研工作很少支援。就目前情况来看，这也许是好事，因为在得不到各政府科研单位所享有的保护的情况下，地方政界对研究机构的干涉有时是很糟糕的。*

工业界所提供的科研经费主要限于资助工业界本身的实验室。不过有时，除了个人捐助之外，工业企业也对大学捐赠。**但是更常见的是由工业界来支援特殊研究项目。这些研究项目是在大学实验室中进行的，参加的人员有一部分是大学工作人员，有一部分是完全在工业企业中拿工资的科研工作者。这种体制没有被广泛采用，因为它在某些方面对双方都是不利的。主要的困难是：从大学观点看来，这样做就把研究人员过份束缚在为工业服务的战车上，而从企业的观点看来，同他们自己的研究工作比起来，更难看出从中究竟能得到什么经济利益。保密是另一个困难问题。大学的人员一般认为在那里进行的商业性质的科研带有与学术研究不相适应的保密性质，而在企业看来，听任自己的工作人员陷入大学中存在的那种普遍的自由讨论气氛中是危险的。因此，无怪乎化学工业中最大的厂商逐渐取消了它们对大学科研的支持，而把力量集中在它可以更加严密地加以监督的地方。***

* 参看学术自由会议的报告中海先生(Mr. Hay)的案件，牛津1935年(赫弗版)。

** 英波(斯)石油公司就是这样地于1920年在剑桥建立了新的化学实验室。

*** 在剑桥大学元老会中的下述发言可以多多少少说明大学同工业科研的关系。这些发言是由于一项显然无害的规定而引起的。这项规定要把原来由教授控制的秘密的和商业性质的科研置于大学控制之下。

"W. 波普教授说，拟定中的第一条规定的措词反映了古代学术界对工商界的不信任。它建议，参加这几类研究的细节需要由大学管理机构逐一加以审查，因为有发生丢脸事件的危险，例如一个青年科研人员为了促成一个肮脏的商业目的而被迫对自己的研究成果实行保密。这项规定竟然会使用这种措词是令人遗憾的，特别是鉴于工商业界通过企业和个人在过去二十年中对大学赠送了巨款，而且赠送的方式也显示出它们有开阔的胸怀和眼界。他相信委员会会撤销这项可能伤人感情并引起义愤的规定。

经费管理 在大学中，用于科学研究的经费主要是由负责实际指导科研的同一机构来掌握的。在其他地方，亦即在政府和工业举办的研究部门中，经费管理权操在不需要具有科学知识的行政人员手中。科学管理委员会是在始终缺乏经费的气氛中成立起来的，因而它们对经费开支往往过于谨慎，唯恐自己陷入山穷水尽的境地。科学机构极少借钱，因为它们实际上提供不出什么

在这以前一直是由一个实验室的主管人设法同商业企业和研究协会之类的工业单位进行合作；合作的办法一般是由一个在工业企业拿薪金的科研工作者到实验室来解决某个问题。这个企业也向实验室支付一笔由大学系主任确定的酬劳，其金额足够实验室用来应付有关的费用。几乎在所有情况下，所进行的科研工作都是属于纯学理性质的，对发表研究成果不加限制；承担费用的工业企业的目的完全是支持大学培养在研究方法上有训练的人员，受训练的人以后不一定都进入科学机构。偶尔一家大企业的职工也到科学机构那里去解决某个工业上的问题，当他回到工厂时，科学机构对他所获得的知识如何处置不予过问。不过当工艺科学工作者觉得在大学实验室研究一些问题有利时，大学应乐意接纳。

他愿意强调指出，以种种方式建立的合作关系对大学有过不可估量的价值。这种合作通常会为有关工业的科研人员提供机会；它使大学各系和工业之间产生了一种共鸣感，在需要用人时，工业对剑桥毕业生给以优先考虑；它一直是促使工业企业向大学提供可观的经费捐赠的决定因素。

劳里教授说，几乎用不着强调工商企业对大学有多大的恩惠。他认为他们最近通过一个教育信托基金会得到的美国石油公司捐赠的那笔款子，已经同支付经费的那家工业企业完全没有联系了；不过当化学系收到它的整个历史上最大的一笔赠款时，情况却不是这样。这笔钱是由一家仍在营业的石油公司赠予的。他不敢断言提供这笔钱是否部分地是由于剑桥化学实验室在战前的某些发现成为战时火药供应的重要因素。他认为人们不是普遍都理解，科研部门的有效工作在多大程度上仰赖由不同的外界单位、特别是工商业单位提供而不是由科研工作所在机构提供的经费，或许，比较有钱的美国大学除外。举一个例子。他有一个朋友是伦敦的一个重要实验室主任，每年可以自由使用的经费达5,000镑之多，其中部分由研究协会提供，部分由工商业单位提供；毫无疑问，假如他每年没有这5,000镑左右的钱，用来促进他所感到兴趣的研究项目的话，他就不可能作为该实验室主任而誉满全球。

至于他自己的实验室，他认为仅仅需要指出一点：工商企业每年在那里所花的钱要比大学向整个化学系所供给的经费总额还多得多。”——《大学学报》(University Report)1934年第24卷，第991页。

在继续进行的辩论中，元老院的其他成员表示反对在大学实验室进行任何秘密研究工作，不过最后达成一个妥协办法，基本上保持原状不变。

抵押品。科学机构也很少要求取得更多经费，至多是希望能维持下去，能够弥补损耗，也许还希望能够极为缓慢地增加收入。人们毫无怨言地接受现状，因为他们感到，要求数额大得多的捐助只会使施惠者畏缩不前，并且使人得到科学家不完全满足于现状的印象。筹措新的经费的确是十分难办的事。它主要是通过个人联系，在极度秘密的情况下进行的。有时也发出公开呼吁，但只是在事前作好充分准备、有人私下保证要提供重要支持的情况下才
60 这样做。即使在催促政府增加经费时，也要极其谨慎地从事，以避免参与党派政治的嫌疑，换言之，也就是避免完全缺乏保守的正统作风的嫌疑。

财务监督 受到财务监督的政府科研部门处于严重无能为力的状态。在支出科学研究经费的时候，合理的办法应当是：允许材料和仪器支出有大幅度的升降，同时在工资方面则保持相当稳定或是逐渐增加的开支。这和行政管理部门的日常常规支出大不相同。在那里，开支需要是可以相当准确地事先估计好的。除了实行整笔补助办法或者津贴办法的地方外，每年分配的金额必须在当年用完。不能用完这笔款子就说明该部门不是真的需要钱，因而它在次年就得少拿些钱。结果就造成了逐年交替地产生开支浪费和工作不能开展的现象。整笔补助办法虽然受到财政部的反对，它无疑能够大大地改善这种情况，因为人们可以在这种条件下把当年的财政盈亏转到次年的同一帐目中去。不过主要困难在于：行政官员们不理解科研开支作何用途，他们部分地根据过去的惯例，部分地根据科学研究所主任的人选，对它采取了一种完全专断的态度。

工业中的情况更严重地反映出这些症状。就理想而言，科研在财务上应该不致受到种种妨碍支出的限制；可是在实际上，人

们把科研费用看作是一笔装饰性的开支，在厂商经营顺利时可以花一下，在景况差时又可以无情地砍掉。科学仪器实际上不可能出卖，因而唯一有效的节约办法就是解雇人员或者减少他们的薪金。

科研财务的性质　这种财务制度造成了如下的结果：当科研经费应当可以变动时，它往往是不可变动的，而当需要它固定不变时，它却发生极大的变动。科学工作者自己最最痛切地体验到它的影响。在现代条件下，求职时最基本的要求之一是工作有保障；因而就存在着这种倾向：大家纷纷希望在可靠的地方，例如在大学和在部分政府机关，接受科研工作，而避免接受待遇较好、但在最难找到工作的时候很有可能遭到解雇的一些职位。*
的确在这方面，科学工作者的处境并不比大部分体力劳动者和职 61
员差，可能还略胜一筹。这一财务制度中属于社会性质的不公平现象是一种常见的不公平现象，不过由于这种现象阻障了纯科学的进步，更阻障了应用科学的进步，因此，不但科学工作者对其后果有深切体会，整个社会对其后果也有深切体会。有效的科学研究决不是可以在一天，一个月或者甚至一年之内完成的工作；一个人的工作从初步设想到最后成功往往可能经过十年之久。除非在如此漫长的期间提供合理的保障，不少长期研究就可能永远无法完成，而甚至更多的这类研究就可能永远无从着手。这一情况加上其他倾向，就只能促使人们从事收效快的科研工作，在工业科研中尤其是这样。不过这种科研的用处极为有限，而且从长远看来也是很不经济的。可以说，大体而论，研究得越是深入，某项科研工作的好处就越大。任何充分发展科研的制度都必须包括

* 贝布拉格爵士的讲话，边码第83页。

一条保障职业的规定。

科研费用的性质 我们必须先对科研费用的性质加以研究，才能够对科研费用的金额有一个概念。科研费用的最明显的四个项目是：薪金、仪器和实验材料，维持费用（包括实验室助理员和机械师的薪金等）以及房屋。对不同种类的科研工作说来，这些项目所需金额相差极大。数学研究仅需支出薪金和少量粉笔和文具等费用，不过现在由于采用了计算机，大有可能使数学研究部门变得同其他部门一样地费钱。处于另一极端的农业野外试验站的维持费，包括购买牲畜的费用在内，远比花在工资上的钱为多。大体说来，研究项目越是实用，工资以外的费用就越是多。

在应用科学的边缘上，由于我们说过很难把技术人员和科学家加以区别，很难把半工业性质的工厂和科研设备加以区别，情况更为复杂。所以在发表科研费用帐目时，最好在每一情况下都能够说明薪金在总费用中所占比重，以便说明那种科研工作的或多或少的实用性质，并使人们有可能把两种不同的科研经费拨款中所包含的相对的科研工作量加以比较。随着时间的推移，随着科研变得更加复杂，在一切情况下，薪金的相对比重都会普遍缩小。因此，经常稳定的科研捐款，甚至略有增加的科研捐款，都可能掩盖着科研工作的实际倒退。在最近一次经济衰退期间，这
62 种倒退现象，在所有资本主义国家里都很明显、而且至今在许多国家中仍然持续着。

不过在对科研作经济上的估计时，真正的困难是怎样划分纯科学研究费用和应用科学研究费用。目前二者是混在一起的，使人们感到：由于有了比较来说数额很大的经费——换言之，即和过去所花金额比较而言，而不是同有关工业的预算比较而言——

所以科学事业还是得到充分奖励的。但是由于应用科学费用大得多，这项金额中的大部分开支严格地说不是科研费用，而是一项完全有把握在将来收回的明明白白的投资。显然有必要按某种确定的比例把钱用于纯科学研究和应用科学研究。但是除非把钱分别管理，否则就不可能保证公平地对待基本科研的一些在眼前看来不那么必要的需要。

科研预算

从上面已经谈过的情况可知，对每年用于科研的精确金额进行估计有很大困难，这种困难实际上是无法克服的。因为要进行精确估计，就必须改变大学、政府部门、厂商的会计方法，而除非采取科研费用免征所得税之类大量减税的奖励办法，这种情况就不大可能发生。但是，为了了解科研在国民经济中的地位，仍然有必要得出一个不管多么粗糙的概念，以便了解科研费用可能有多大金额。

下表列示的是萧条时代以后一个相当正常的年份(1934年)的这样一个估计。目下(1937年)国防费用估计可能要增加很多(2,800,000镑)，工业科研经费会相应增加，不过应该把这两者都看作非正常支出，也许以后不会继续维持这种状态。表中列示了两种估计。第一个估计，亦即粗略的估计，包括了凡是可以称为科研的一切项目。例如，就大学而言，它假定所有的科学、医学、技术和农业专业的大学教师的时间有一半是用于科研的，并且各系的支出中有三分之二是用于科研的目的的。就政府和工业企业而言，它把一切称为科研的项目都算作科研。精确估计力求把上述假定考虑在内，但从粗略数字中扣除一些同各部门中性质已

63 经明确的工作相当的因素。扣除得并不是那么厉害，仍然顾及很多常规测试工作，不过最后数字必须相当接近在促进科学知识和技术的进步方面所花费的金额。这些估计数的准确性自然是很不相同的。只有政府所花费用的数字是清清楚楚有案可查的。大学方面的数字是根据大学津贴委员会报告书所提供数字以复杂方法计算出来的。工业方面的数字当然最难取得。它是根据三方面的资料估计的：《工业研究实验室》所列出的三十五家厂商的科研费用报告书，根据雇用职工人数而对其他四十五家厂商所作的估计，并充分顾及拒绝提供详细资料的一些厂商。〔详细情况见附录III(C)〕所以这个数字是极不可靠的，上下出入可达百分之五十之多，但是考虑到总估计数字的粗糙性质，这个情况并无大碍。实际估计数如下：

	粗略估计	精确估计
各大学，学会及独立基金会	1,500,000英镑	800,000英镑
政府部门——		
国防机关	2,000,000	80,000
工业科研	600,000	300,000
医学科研	150,000	120,000
农业科研	200,000	150,000
工业企业——		
对研究协会的捐助	200,000	100,000
独立进行的科研	2,000,000	400,000
总数	6,650,000英镑	1,950,000英镑

由此可知粗略估计总金额不超出七百万镑而精确估计总金额则不超过二百万镑。只有当我们记住这些数字所代表的内容的时候，它们才是有用处的。就大多数用途而言：四百万英镑的折中数字一般可以当作英国科研费用的宽裕估计。在1934年对英国科

研工作进行过调查的朱利安·赫胥黎教授就用于科研的绝对金额发表了明智而谨慎的意见，而他的估计同我们在这里列举的颇为一致。

“适应工业需要的科研费用在表上占首位——即把政府，大学的应用科学各系和私营厂商所花的钱算在一起——可以说几乎占总金额之半。如果不把单纯发展费用算在里面，三军的科研费用约占工业科研费用之半。涉及农业和林业，渔业等有关课题的研究费用居第二位，约占总金额五分之一或 64
六分之一；再次是涉及医药卫生的研究费用，所占比重约为八分之一或者甚至更少。所有其他部门的研究，加上一切背景知识的研究，也许还不到总金额的十二分之一。但是我也承认，这个项目是最难确定的。至于实际金额，我是不愿意提供什么数字的，因为人们往往就象引证确定的事实一样地来引用粗略估计数字，不过我敢说我们每年用于科研的总费用约在4,000,000镑至6,000,000镑之间，也许更接近于较小的数字。”——《科学研究和社会需要》，第255页。

所以社会对于一切能够改变文明状态的研究工作所提供的总金额为4,000,000镑或者更少一点。这是把工业和文化的单纯机械性增长撇开不计，专用于发展工业和文化的款项。这样的一笔金额只能相对地加以估价。首先同四十亿国民收入比较，它仅为其千分之一。这看来当然是一个十分低的百分比，我们至少可以说：科研费用增加十倍，也不会明显地妨碍社会的眼前消费；事实上，它仅占国内花于烟草的金钱的百分之三，仅占花于饮料的金钱的百分之二，并且仅占花于赌博的金钱的百分之一。这些花钱办法虽然本身未必比研究科学更为有趣，的确在群众中更为普遍。不过当我们考虑到这样微不足道的费用所能带来的巨大福利

时，区区一点科研费用就显得可笑了。

国民收入在一百年中增加了八倍。这归根到底是由于应用了比较基本的科学原理的结果。可以估计，其全部费用不会超出100,000,000镑，也许还要少得多。要估计科研费用的精确收益是不可能的，不过它必然是十分可观的。基本科研需要相当长的时间才能使其成果具有商业上的价值，而一旦达到这一程度，许许多多企业都会得到好处，因此，这种好处是无法查对的。可是在受益范围小得多的应用科学中，其成果也是够令人吃惊的。在根据政府发表的数字而编制的附录IV中，列出了每年从节约中得到的好处，还对照列出了科研费用总额，其中包括上述有所节约的方面以外的许多其他问题的研究费用。每年投资的平均收益为百分之八百。我们将在以后讨论：我们目前的生产制度为什么不能

65* 利用科学的这种巨大好处，但是不论理由何在，事实仍然是：我们并没有把科学应用于一切方面，而仅仅利用了它可能拥有的物质功用的极小一部分。

英国虽然是一个十分富有的国家，它在这一方面是远远落后于其他国家的。胡佛总统于1926年估计，美国每年要在科研上花200,000,000美元。我们没有更新的数字，不过现在每年所花可能不下于300,000,000美元。这几乎是我国所花的粗略估计数字的十倍，不过考虑到美国国民收入较大（估计为50,000,000,000美元），这金额占国民总收入的千分之六，我国的则为千分之一。德国的数字难以取得，不过其总额当然与我国的不相上下（参看边码第200页）。苏联的科研费用远比我国的管理得法。它在1934年的费用为900,000,000卢布，照官方外汇牌价折算达到36,000,000

* 原书66—70页为注释，中译本已改排为脚注。页码从略。——编者

英镑，为我国毛估费用的九倍，即国民收入的千分之八，英国的则为千分之一。有必要大声疾呼，提醒大家，注意英国科研的这一主要缺陷、注意同国家需要相比，它的总的发展是十分不够的。科研费用规模也许还少于一个文明国家应有的合理和适当的费用的十分之一。这是同经济制度目前存在的一些缺陷在性质上完全不同的一种缺陷。最近工程师研究小组提出的名为《食品和家庭预算》的一次调查报告自称可以证明：只要每年把国民收入增加百分之二十五或1,000,000,000镑左右，用不着明显改变目前的荒唐的分配制度，就可以满足我国人民的物质需要。*同这个数字相比，科学所需费用不能算多。每年花费20,000,000至40,000,000镑，亦即国民收入的千分之五和千分之十之间，就能使科学得到充分发展和同样必要的全面改组。人们可能还会发现，在短短数年中每年这样花费一笔钱，其本身就足以使每年国民收入的增加大大超出1,000,000,000英镑。

* 自从进行这次调查以来，国民收入每年从4,400,000,000镑增加到了5,700,000,000镑，不过由于分配不均，所必需的1,000,000,000镑对于弥补人们所不满的缺乏经费的状况并没有显著的帮助。

71 # 第四章 科学教育

过去的科学教学

科学列入教育课程为时较晚。它在中世纪教育中没有地位原是不足为奇的，可是在文艺复兴中复活的人文主义也差不多同样地毫不理睬它。在大学里可以学到一些数学，航海学校甚至还教授数学，医科学校也教授一点植物学和化学，如此而已。在十七和十八世纪，科学有了很大发展，但并不是由于它在教育中占着重要地位才有了发展，而恰恰是在它毫无地位的情况下发展起来的。在十九世纪中叶以前，所有伟大的科学家就其科学知识而言都是自学出来的，尽管有了波义尔和牛顿的先例，科学并没有在较老的大学中生根。十八世纪末叶，提供若干充分的科学训练的教育机构只有普里斯特利和道尔顿所任教的英国几所非国教派研究院和拿破仑在那里当过学生的法国炮兵学校。工业革命使科学的重要性提高了。在十九世纪，它逐渐开始进入了大学，后来又进入了中学。剑桥大学的第一任矿物学教授克拉克先生，由于就高级僧侣胸甲上的宝石发表学术讲演而获得了教授职位。这是在一个科学学科中最早授予的教授职位之一。在另一方面，剑桥却不允许当时最有才能的一位英国植物学家詹姆斯·史密斯爵士在那里教书，因为他既非大学成员，又非英国教会的成员。在阿诺德博士的拉格比中学中可以看到的科学的唯一痕迹便是那个不幸

的马丁。他把自己的书房变成了一所自然历史博物馆。*当时的科学教学带有一点激进主义的味道，因而受到了教会的猛烈反对，特别是在达尔文引起论战之后。

当人们把科学接受下来的时候，科学要末好象是附于其他学科的一个额外学科，要末就象是灵魂卑鄙，只讲物质，舍弃经典而求科学的人们所选择的道路。连 T. H. 赫胥黎和他的学生们的大力提倡，也不能把科学从这种景况中拯救出来，或许在剑桥除外。以这种方式把科学列入学校课程所造成的一个结果是：科 72
学教学不是遵照早期科学家们学习科学的方法——师傅带徒弟的方式——来进行，而是遵照原来古典学术的教学法来进行，换言之，主要是以讲课或学术讲演方式进行，除此之外，也不能不适当照顾到实际的实验室活动。

科学教学的先驱们原以为把科学纳入教育课程会消除古典学术所特有的因循守旧、矫揉造作和往后看等缺点，可是他们却大失所望。当代的人文主义者当初也同样地认为，学习古典作家的原著就能立即消除中世纪经院哲学的乏味的学究作风和迷信。专业教师同他们二者相比也毫无逊色。他们使理解化学反应和阅读继吉尔的《伊尼德》① 一样变成枯燥无味、背诵教条的事情。当时为

---

* “如果我们知道如何对待我们的孩子的话，我们本来可以选中马丁，把他培养成一个自然科学家。他酷爱鸟、兽和昆虫，比拉格比中学的任何人——那位万事通的博士也许应该除外——都更了解它们并熟知它们的习性。马丁还是一个小实验化学家。他为自己造了一台电动机器。他最感到快乐和得意的事就是用这台机器叫任何胆敢闯入他的书房的鲁莽小孩受一点虚惊。此外，闯入他的书房决不是一次不叫人兴奋的冒险；因为除了有可能会有一条蛇掉到你的头上或者亲热地盘在你的腿上、或者有一只老鼠钻进你的裤袋里找寻食物之外，你还要嗅到始终迷漫在洞口周围的动物和化学药品的味道，还有可能在许多次实验中的某次实验中被炸死。马丁一直在进行这些试验并取得了那个死了的孩子闻所未闻的最奇妙的成果，既有爆炸，又有难闻的气味。”——《汤姆·布朗的学校生活》第215页。

① 继吉尔是古罗马大诗人，《伊尼德》是他所写的叙事诗。——译者

科学在教育中的用处辩护的主要理由是：科学可以让小孩了解科学发现的成果，从而得到一点关于他们所在的宇宙的知识，同时通过学习科学方法，教他们学会用逻辑方法和归纳方法思维，他们在第一个目标上取得了某些有限的成就，但在第二个目标上却一事无成。

也许可以希望受过中等或公立学校教育的有特权的社会成员对一百年前的初级物理和化学知识略知一二。不过他们所知道的也许不比现代的一个聪明的孩子由于对无线电感兴趣或者对校外科学癖好发生兴趣而获得的知识更多。至于说到学习科学方法，那就完全是一个笑话。实际上，为了教师的方便，为了适应考试制度的要求，学生不但没有必要学习科学方法，相反地倒有必要学习恰恰相反的东西，那就是全盘接受教师和教科书所教的东西并且在教师要求之下把它复述出来，不管他们自己是否觉得有意义。受过教育的人对招魂术或者占星术的骗局(更不用说种族理论或者流传的神话等更危险的骗局了)的反应说明：在英国或者德国进行了五十年的科学方法教育并没有产生任何明显效果。学习科学方法唯一之道是一条漫长而痛苦的个人经验的道路。在改变教育制度或者社会制度以使这一点成为可能之前，我们至多只能指望培养出少数能学到某些科学技术的人和为数更少的能对这种技术加以利用和发展的人。

中学的科学教育

73 现在我们仅仅在这样一个小范围内来考虑教育制度中涉及科学的问题，暂时不希望科学从学生早年起就在全部教学中占有不可或缺的主导地位，象在苏联那样(因为那种希望只是一种幻想)，

并且仅仅集中力量来研究培养科学工作者的问题。即使这样，目前的制度仍然有极其惊人的缺陷和效率低下的情况。除开某些专门致力于培养极少数儿童的特殊学校之外，学生在十四岁之前，换言之，直到我国大部分儿童完成他们的学业的时候为止，都学不到什么科学知识。的确，在小学中教授了某些自然知识，转弯抹角地讲了一些性知识，不过，要是说这便是科学教育，那是太可笑了。教师对此是没有责任的。即使有世界上最完美的课程表，一次向四十名学生讲授科学也是极为困难的。但是这个早期的限制有其严重的后果。第一，当孩子年龄还小，天生的好奇心还没有被社会传统磨掉的时候，不对他们讲授科学，就会失去唤起他们对科学的持久兴趣的最好机会。实际上，如果教育家们能花时间研究一下科学教学，他们就会发现：它的很多内容的确是适合幼小儿童的接受能力的。事实上，有可能而且有人已经把物理学化学和生物学的基础知识传授给六岁的儿童。这些儿童有的甚至还不识字。*

这个限制造成的另一后果是：许多有前程的科学新兵就在这一阶段中失去了。这一点当然不限于科学。格雷和莫斯钦斯基的著作**表明：能力超群的小学生中仅有百分之二十六能在中学里继续学习，而在不能继续学习的那些学生当中，肯定有不少会成为有前程的科学家。的确也有少数人在后来由于当上实验室助理员而参与科学工作，不过人数寥寥无几。无线电业余科学家和其他科学爱好者人数颇多。这一事实就证明了的确存在着潜在的科

* 苏珊·艾萨克，《幼儿智力的发展》(Intellectual Growth in Young Children)，劳特利奇，1930年。

** 《社会学评论》，第27期，第113页。还可参看霍格本《政治算术》(Political Arithmetic)。

学人才的巨大储备。

科学开始在中等学校和公立学校占有一席之地了。然而所讲授的科学知识还非常有限。一开头就遇到一个不利条件：在目前的教育制度下，中等学校和公立学校都不能不教一些平均智力低
74 下的学生，这样就错过了培养真正有才能学生的机会。在大学阶段就可以明显看出由此造成的后果。至今还存在着一种反对科学的顽固的偏见。这种偏见渊源于公立学校的古典传统。科学教师和学习科学的学生往往受到冷遇。就仿佛他们的专业兴趣使他们在社会上低人一等似的。考试制度的传统使科学教学仅限于物理学和化学，也许还有一点生物学，主要是为有志于医学的学生设置的，再就是少得可怜的植物学。据认为：由于某种神秘的原因，植物学可以使女性思想变得纯洁。物理学和化学成为考入大学或取得中学毕业文凭所必需学习的科目，因而变成了最令人厌恶不过的常规课程。中学和大学之间形成了一个恶性循环。任何一方都不能改变课程内容，因为这会引起对方的反对。教授科学的目的是使极少数学过科学的学生能进入大学，而这些学生进入大学的目的又是学习完全原封不动地向后代传授科学的本领。中学科学教师的确花了大量精力，煞费苦心地使所教课程变得有吸引力，但是每吸引住一个学生，就必定要使两三个学生永远放弃科学。一个不幸的事实是：科学中最适于作考试材料的是物理学和化学的公制计算部分（磁铁之间的吸力、碳酸氢钠的化合量和硫酸的化合量）。对懒惰和数学学得不好的学生来说，这些是最困难的部分，而对于另一些真正喜爱科学，并且希望继续进而学习科学中新鲜和有趣的部分的学生来说，这些又叫人恼火。实际上，在中学理化中很少有什么知识不是一百年前就知道了的，而且有很多是三百年之前就知道了的。

科学教师自然是了解这个情况的，而且一直在不顾麻木不仁
和蒙昧主义的阻力，想法进行整顿。最近科学教师协会关于普通
科学教学的一份报告*同这里提出的不少批评意见颇有暗合之处。
这份报告书包含一个学习期限为四年的教学大纲。它也许是第一
个具有科学精神的教学大纲。有三位教师把自己学生对有科学意
义的日常事物的兴趣列举出来，另有三位教师扼要列举出一些基
本科学概念。这两张一览表在教学大纲中交织在一起。这虽然肯定
是一个进步，但却缺乏全面性和现代性。生物学的部分很好。但
却没有天文学和地质学部分。每年学习的物理学知识分为十个部
分。头两年的学习内容每年仅包含十九世纪发现的一个原理，第
三年的学习内容仅包含两个这样的原理。只在最后一年，面貌才
变得比较现代化一点，可是即使这样，也并未介绍1890年以后的 75
发现。X射线、无线电和电子根本没有提到。化学课就更糟了；
整个课程包括的内容都是1810年以前已知的东西。不学习有机化
学就无从理解生物学，然而却把有机化学整个地删掉了。关于物
质结构的现代概念连提也没有提。不过，假如能发扬这个教学大
纲的精神的话，还是有可能指望在英国建立起一个有活力的中学
科学教学制度的。美国的现代教育委员会已经沿着这个方针又往
前走了一步。他们编制的精密的教学大纲相当精确地列出了当代
的科学观点，特别涉及科学和社会生活的关系。

大学的科学教育

从来没有人研究清楚科学教学在大学中究竟占有什么地位。

---

* 《普通科学教学》，科学教师协会总委员会于1936年10月提出的报告书。默里，1937年。

显然有一种看法认为：非文即理，不学文科，就得学科学。这种态度反映在经常向学生炫示的纯科学的理想中。不过实际上，这是划地为牢，把科学囚禁起来，使它同文化的一切其他方面都隔绝开来，因此，也就是使科学教学完全服从技术训练。即使在这一点上也还是存在着很多混乱看法。科学教学的目的仿佛是期望学生能在日后把它用于某种目的。虽然没有精确统计数字，不过在每一百名英国大学理科学生中，可能就有六十名左右的人变成中学教师。他们只要简单地把自己所学的知识向后辈复述一遍就可以了。有三十名进入工商业或政府机关工作，他们在那些地方大部分从事日常工作，而他们在大学所学的大部分知识对他们的工作是没有什么用处的。有三名继续在大学担任教学工作。最后还有两名成为科研工作者。他们不得不吃力地去设法纠正在大学里学到的不正确的和过时的知识，并且还得设法把其余的东西都忘记掉。

大学理工学院的职能本来就是多种多样的，由于需要各理工学院对多种多样的材料进行研究，就变得更其复杂了，在牛津和剑桥尤其如此。尽管有了考试制度，进入大学仍然主要是一个资财问题，而不是才能问题。这一事实*就意味着：在物理学和化学这样在中学就学过的理科学科中，即使是优等生的课程也必须从极浅易的水平开始，而在所有其余学科中，他们更是要从头学起。

* D. V. 格拉斯和J. L. 格雷对英格兰和威尔士的大学学生入学机会和财产的关系作了专门的研究。（重新刊印在《政治算术》第419—470页中）他们指出大学男生总数中的百分之二十七原是小学生，仅有百分之二十二的人受过免费的中学教育，因此，在收费学校求学的男学生进入大学的机会要大得多，比例为四十比一。在不同基础上编制统计数字的教育部却宣称：大学入学学生中有百分之四十二来自小学（见《泰晤士报》，1938年7月5日），不过这个数字上的出入并不重要，由于公立学校的特殊有利条件，富有者所占有的实际优势要超过这两个数字所显示的程度。

其结果，一般大学课程的头两年都用于讲授在质量上更适于中学 76
高年级的教材。事实上，事情竟荒谬到如此程度，以至在一些老牌大学中，奖学金领取者入学考试的标准即令不高于优等学生最后考试的水平，也往往与之不相上下。不过结果却不完全是一件坏事。这就是说：有才能的理科学生完全可以把头两年的功课抛开不管而万无一失，而且由于参加学生社团的活动而学得某些普通文化知识和社会经验。

讲课制度　在教学方式上，各大学推行的传统无殊于其中世纪前辈所奉行的传统。过去设置讲师专门向学生详细讲解亚里士多德或盖仑[1]的晦涩文字是有某些理由的。这些学生自然会感到那种文字难以理解。他们也不大可能自己备有书籍。因此，就需要这位理发师兼外科医师[2]和讲解员相当巧妙地去说明：解剖学的实际事实怎么能够和经典作者的教条式的论述并行不悖。

所有这一切都已成过去，可是这个教学方法却传下来了，而且还从老牌的大学推广到后来创办的学校，甚至也推广到技术学校。把一个学期中每天的整个上午都用于听科学讲演是一种毫无用处的违背时代精神的错误和一件浪费时间的事情。这并不是说讲演毫无用处，不过可以用其他方式达到同样效果。科学讲演处于两个极端之间。它可能是对讲题的一种有感受的、概括的评述，其目的在于通过详细论述目前达到的限度而不是论述知识的现状、通过把科学同技术问题和社会问题密切联系起来，来引起兴趣和激发学生深思。这种讲演必然是很少的，而且总的说来是不受欢迎的，因为它对考试用处不大。实际上，除非是由大学中

① 盖仑是古希腊的医学家。——译者

② 中世纪的理发师往往兼任医生。——译者

来访的著名科学家偶尔发表一些讲演之外，不如用向科学社团宣读论文的方式或者用有充分机会进行讨论的小型辅导班来取代这种科学讲演。

另一个极端是拘谨的讲课，对所有各点、特别是对最后数据和得出数据的必要数学论据都进行周密而有条理的论述。这些讲演往往沉闷得难以令人置信，不过却极受重视，因为大家明白：听讲的人好好记下笔记就能应付考试试卷中需要钻研书本才能回答的部分。不过明显的事实是：在这种情况下，向学生分发用打字机打下的讲稿能更好地达到讲演的目的。这份讲稿应包含一切必要的数据、公式和论点，这样就成为一份教科书的有用的摘要。某些讲演者甚至真的在讲演之后还另外提供这种讲稿。

77 在这两个极端之间自然还存在种种程度不等的中间性的讲课。在不少情况下，讲演的确起了有益的作用。特别是在新的、发展迅速的学科中，讲课能代替还没有写出的教科书。在大学里，新的知识仍然被认为有点危险性。一般认为：对低年级学生而言，科学理论需要经过四十年的考验再告诉学生才万无一失。因而一个学生可能在剑桥获得包括物理学和化学在内的自然科学优等生学位，但他除了偶然机会之外，在学校根本没有听说过1900年首次提出的量子理论。维持讲课制度的另一个理由是：它可以使学生有机会看到复杂的实验，而学生自己去进行这种实验是有困难的。虽然这具有某种戏剧性的价值，并可以提高人们对科学的兴趣，不过只是观看实验却很少能帮助人们真正领会实验技术。

讲课是由示范或实习来补充的。这主要是进行一组预定的实验，并实地练习使用显微镜的技术、化学定量定性分析技术和物理测量技术。示范固然能提供有关科学的操作技术的少得无以复加的知识，可是其作用也仅此而已。即使在高级的示范中，也没

有办法超出现有方法范围以外，也无法提示怎样使用科学方法来解决一个其结果尚不得而知的问题，也无法提示怎样使用科学方法来观察一种意想不到的现象。在科学作为一种手工工艺的范围内，这种学习方法是不对头的。培养早期的大科学家的方法要比这有效得多。用师傅带徒弟的老方法——即由已经具备工作能力的人们加以监督和帮助，再加上通过摸索熟悉情况的非正规学习方法——传授的科学方法，可能要比安排得最好的一套示范所传授的科学方法多得多。学徒之所以能熟悉情况是由于在实验室里东摸西碰想要解决自己的某些问题，其效率也许是极差的，但毕竟能学到一点东西。

正是由于考虑到这些大不相同的方法，我们才看出：使人们保留目前的讲课和示范教学的原因不单是虔诚的保守主义；更为有用的办法肯定更加费钱，因为这会提高教师同学生的比例而且会增加每一个学生所需要的仪器设备的数量。目前各大学都处于长期财源拮据的境地。它们大大提高教学水平的办法可能有两个，
二者必居其一：或者增加人员，不是设置一种课程而是设置好几 78
种课程以适应不同能力和最终从事不同职业学生的需要，或者提高入学标准，只录取智力高的学生。但是第一个办法会增加费用，而第二个办法则会减少收入。所以在我们认清我们的社会为了无效率的大学不能不付出多大代价之前，我们可能还不得不忍受目前的教学制度。

专业化 在大学科学教学中不知不觉地产生的另一弊病是分系过多。在十九世纪，当科学首次在大学中出现时，它叫做自然科学，不久就划分为物理学、化学、动物学等系，而医学这个较老的系继续存在而且变得更为突出。科学学科大多是分别讲授而且互不通气。从它们的根本性质看来，重复之处势所难免，不过

由于缺乏协调，人们往往以相互矛盾的方式把两个学科的共有内容讲授两遍以上。每一学科都被认为是一个或多或少地封闭的知识体系。它不仅要同一个讲求实用的世界截然分开，而且还要同其他学科截然分开，以保持其纯洁性。这就使各个课程变得十分陈旧，考试制度的刻板性自然大大促进了这个过程。

课程 除了偶尔有一位年青的生气勃勃的教授设法取得重要的教席之外，所有学科的课程都时而扩大、时而紧缩，变化无穷，使人感到很不好过。很不幸，从教学观点来看，科学与经典著作的差异在于：科学的内容不断增加而学习的时间却不变。通常用来应付这种内容增加的第一种方法是：在把新知识加入课程之前，要等待相当的时间。理由是，这个理论还有争论，以后可能还要修正。学究们不大会想起：各学科的较老部分可能更有必要加以彻底的修改。总而言之，为了方便，科学教学中的真理仅仅局限于应付考试的真理。最后当加进新知识时，就把它加在教学大纲的后面，学科的其余内容就要适当地予以紧缩，以便让出地位来。整个过程就象农民穿衣的老办法：每年把一条新裙子穿在旧的上面，并且虔诚地预计到：旧的裙子中总有一条变得太破烂而毫无用处了。结果所有的课程都成为新老内容的大杂烩，其中充
79 满自相矛盾的论点，教师只含糊地一带而过，学生则很少能看出其毛病。例如，化学教学的基本内容是1784年的化学大革命以及它在1808年得出的成果原子论。通过量子论并由于现代物理学的进展，现在我们对化学问题有了更为合理更为直接的解决办法。可是我们也许还得再等五十年，然后才会有某一位有进取心和目光远大的化学教授把目前整个课程都一扫而尽，而代之以一个在当时已经过时八十年的课程。物理学的情况也好不了多少。例如，伦敦大学的大考所依据的教学大纲，大部分内容都是在1880年就发

现了的原理。它仅仅顺便提了一下X射线和无线电放射现象，而且对整个现代物理学都略而不提。

当然大学当局并不是存心要保持过时的课程，不过却存在着一种十分自然的惰性，根本不考虑要定期修改课程或者在各学科的课程之间维持适当关系。象大学生活的许多其他方面一样，这方面的弊病主要也应归咎于考试制度。从教师和学生的眼前利益的狭窄观点来看，就要求考试提纲至少要在若干年内保持不变，以便收集足够数量的标准考题，据以训练或辅导应考者。改变考试提纲和采用新的和陌生的考题会加重教师和主考人的负担，而且也许还会使考试结果中包含的已经相当大的运气因素有所增加。这一点本身就指明了考试制度的另一个内在的缺陷：往往要依赖就事论事的考题、依赖死记硬背、或者依赖某种技术的机械性操作。

考试　考试是测验知识水平的最便利的方式，一般来说，也能提供最公平的结果。不幸，从了解应考者具有的科学才能的观点来看，考试却恰恰是最无价值的办法。假如我们根据每一个应考者从事崭新的观察的能力或者根据他把一些新观察到的现象有条理地加以归纳的能力来测验应考者的话，换言之，假如我们以科研作为考试办法的话，我们就可以找到更加可靠的理想的办法，来了解应考者在理解和运用科学方面究竟有多大能力。不幸，不把这种测验进行多年，就完全不可能把一个人的天生才能和偶然的反常表现区别开来。可以查明的只有笨蛋和有才能的科学家两类人。笨蛋不能处理显然很容易的问题；有才能的科学家则能解决困难的问题。就大多数人而言，如果困难超出两者的能力范围，或者极为容易，或者极为困难，考查就毫无效果。

实际上，这种方法是用于或者说理应用于大学高级哲学博士 80

学位考试的。在表面上，这种学位是因为个人科研成绩而授予的，可是说它是一种测验能力的办法，不过是笑话而已。实际的论文是由一二名专家来审查的。他们的结论不管是明智的还是有偏见的，总是受到委员会的支持。而委员会则对论文的内容一窍不通。他们在令人昏昏欲睡的夏日午后，以肘支桌，年复一年地摆出一副姿态，表示同意大学再授予一个学位和再收入一笔费用。

考试制度的最大害处不在于考试本身和考试成绩的不公平，因为，正如人们经常指出的那样，真正有才能的人即使在考试中也是会顺利通过的。害处在于考试制度所引起的整个思想状态。在大学主要作为富家子弟消磨几年愉快岁月的场所的时候，人们可以对考试理所当然地加以藐视，可是现在一个有教养的公民从十岁开始，一生事业就取决于自己在一连串考试中的成绩，考试就成为不得法的教育的最大的因素。如果没有金钱或者充分的天才做后盾，贸然参加考试是危险的。*对没有金钱或充分天才的人来说，一切知识都要以它适应考试目的的价值标准来衡量。这样便恰恰在学生学习一些还有商榷余地的知识，最需要他们发生兴趣时，有意地使他们意兴索然。也许是由于这原因，大学才具有肯定的反面的教育价值；也许正是由于这个原因，学生才在学习开始之时比结束之时更具有全面的和开朗的见解，虽然这一点还没有得到证实。幸而理科学生可以免于受到这种制度的最坏的弊病之害，因为，要求他信奉的正统信念一般仅是相当确定的客观事实，而不是文科中的传统观念。

医学教育 在整个大学科学教学中，有两个系即医学系和

* 参看克利斯托夫·伊舍伍德在《狮子和影子》(Lions and Shadows)一书中所叙述的他自己如何对待考试的情况。

工程学系占有特殊地位。由于历史和社会的原因，医学教学一直是同科学教学主体分开的。它在学术上是各门科学的老大姐，更加完整地保存着中世纪教学传统。医学教学从社会方面言之，要训练出一个大体说来是世代相沿的医生阶层，因此医科学生便同他们在大学中的同学隔绝开来。可以根据两个理由来非议医学教育：莫特拉姆教授在《科学遭受的摧残》*一书中出色地说明了第

---

* 莫特拉姆教授本人是教医学的。他认为目前的制度没有什么可取之处：

“第一，说任何一个穷人、任何一个没有富有亲戚支持的人都无法很容易地当上医生，并不过份。一个有才能的人，除非有金钱做后盾，是要被摒诸门外的。一个人在取得医学学位之前需要学习五、六年，即使到取得医学学位以后，他还不能出去当普通医生。在大学里，特别是在老的大学里，的确是设有理科学生奖学金的。而奖学金会帮助一个聪明的学生完成他在大学那几年的学业。医学院则向聪明的生物学、解剖学和生理学学生提供奖学金。它会帮助他完成那几年的行医训练；可是这种奖学金名额过少。在训练结束时他又陷入困境，因为他要末就得出钱买下一个诊所，要末呆在某个地方等自己的业务发展起来——这是一个教人伤心的过程，如果他没有资产的话。一个人也可以一面等业务发展起来，一面通过旁的方法赚钱过活——写作医学新闻、在公共卫生机构中兼职等等。不过这些方法都很靠不住，除了最聪明和最有上进心的人以外都会裹足不前。在另一方面，中等才能而富有的人很容易地就得到了一个行医的职业。如果他的父亲是医生，那就更好办了。只要在教师的推推拉拉之下，接受点死记硬背的知识，设法通过必要的考试，到时候就可以接过他父亲的衣钵。不少人由于他父亲业务兴隆而当医生，并不是由于本身热爱医学。

其次，可以断言，医学院学生在大学学到的学识是十分不够的。虽然可以说，医学仍然是一种艺术而不是一门科学，然而很明显，为了理解和应用现代医学研究的发现，一个医生应当受到严格的科学方法的训练。他应当形成一套善于鉴别的和科学的观点。按理，他在大学年代所学的生物学、化学、物理学和生理学应当可以使他具有这样的能力。我们可以有把握地说，当他进入病房工作时，他十之八九会把自己所受的科学训练忘掉。实际上人们往往劝他把自己所学到的生理学统统忘掉。这个劝告可能是对头的，因为它究竟对他是不是有丝毫用处是值得怀疑的。事实上，虽然他想在二年半至三年内学会生物学、化学、物理学、生理学和解剖学，其结果，他仅学到这些学科的一些皮毛，一点也没有学到它们的真缔。他仅仅学到这些学科的干巴巴的条条，丝毫没有学到它们的活的精神。一个人只有深入而有鉴别地学习了一个科目●之后才能开始发现科学工作的精神。几乎没有人在完成大学学业时就有能力阅读同自己研究（或者不如说是‘学习’？）过的学科有关的具有独创性的文章并对它作出判断。他也不能从事任何独创性的工作”。

● 只有当一个学生摆脱医学课程，花一年或者更多的时间来学习优等生或高级生课程的时候，他才能进行这样的学习。据作者所知，在英国、美国和加拿大是有这样的课程的——如，剑桥大学自然科学荣誉学位考试的第二部分、牛津大学生理学优等生学院、伦敦大学特别优等生班、多伦多大学和芝加哥大学的P. and B. 班。能够花得起必要的时间和金钱的学生为数寥寥无几。”——《科学遭受的摧残》（Frustration of Science）第86—88页。

一点。他说，对于行医来说，这是一种极坏的训练，主要是因为
81 它比较忽视对于人类常见病的研究或对于保持健康的根本问题的研究。第二，即使同其他科学教学相比，它也没有把医学当作一门科学来传授，而是把医学当做一种具有传统学理的和有点神秘的技术来加以传授的。

医学训练的初期阶段，从上述任何一点来看，老实说都是可笑的。青年医科学生所学的物理学、化学以及在很大程度上还有生物学——当然还有植物学——是在丝毫不顾及科学方法或者实用价值的情况下讲授的，大多数医科学生很正确地把这看做是必要的和令人厌倦的始业仪式。他们不得不花最少的气力去学习这种仪式的答礼方法，不过却能在他们的余生中很方便地把这些方法忘掉。学习解剖学和生理学的中间阶段就更加糟糕了。学习第一门学科时，要背诵人体各部分名称，给学生记忆力带来极大负担。这些名称大多已失去临床或生理学上的意义，而且这种学习还同人体各部分器官的用处的知识割裂开来。因为这方面的知识划入了生理学范围。而生理学，主要是由于它同医学的联系，正处于如此混乱和自相矛盾的状态，以至妨碍医科学生从中学取得本来可以学到的大部分重要教训。也许还需要经过多年的共同努力，并且要不顾医学界的猛烈反对才能用一门特别重视人体的相当有条理的形态生物化学来代替这些学科。关于医学教育的后一些阶段，我们在这里没有什么可说。医科学生一旦进入医院，他基本上就永远脱离科学的领域了。

工程学 工程学系无法而且事实上一般也没有代替实际工程工作所提供的见习经验。因此，与其让学生在工学院中花几年时间来学习关于工程实践的一知半解的入门知识，倒不如让学生用这几年时间联系一个工程师以后工作的社会和经济环境来学习

数学、物理和化学。不这样做看来是可惜的。这些实际上最能为社会创造新价值的人们竟在这个时候由于这种教育方法被剥夺了获得任何普通文化知识的权利，真是不幸的事*。正同医学一样，工程学是又一个正迅速地变成世代相传的行业，这也是一个不利条件。因此，工科学生的平均能力水平要比整个大学的学生水平为低，他们也和医科学生差不多一样地同一般大学生活隔绝开来。

科研工作者的培养 82

进入科研部门的少数大学生还需要相当的训练，才能在发展科学的工作中起积极作用。不过这还不是正式的训练。青年科研工作者应该从他的科研工作的同事、他的名义上的督导员以及他自己的阅读和实践学得技术。这总的说来并不是一个坏的制度。正式教一点批判方法和写论文方法的确是有用处的。有些略为胆小和无进取精神的科研工作者惯于一种严格的训导式教育制度，当突然要他们自己作主时便会完全手足无措。不过，由于科研人员的初期训练主要在于抛掉先前所受的教育的谬见，在于学会不去相信人家原来告诉他的话、而且对原来用以说服他的一些论据表示怀疑，这就使人有点难以想象怎样用正规方式来教授这种内容了。

经济困难　青年科研工作者的主要困难与其说是在于学习方面，不如说是在于物质方面。研究工作者一级以下的教育补助金办法，虽然很不完善而且对较穷的学生有失公平，毕竟还是相

* 麻省理工学院设置的出色的文化课说明这一点是可以做到的。

当简便可行的。如果学生在规定的考试中，获得必要的优等成绩，向适当的教育当局提出申请后，就会获得一份标准的奖学金，这份奖学金还可能继续拿到毕业生参加科研工作的第一个年头前后。以后这位研究人员就要遇上一个极其复杂的问题。而他自己所受的训练根本不能够使他适应这个问题。如果我国的大学能开办一门课程，专门讲授取得职位和津贴金的复杂方法，它一定会成为最受欢迎和最必要的一门课。实际上，对绝大多数科研工作者来说，从事科研工作的头几年，在许多方面说来也就是最有成果的几年，往往由于在物质上完全没有保障而变得黯然无光。能维持三年以上的津贴金很少，许多津贴金为期仅仅一年，总之，津贴金领取者的名额要比申请者少得多，所以科研人员明白：从统计学上来看，他不得不成为一个教师或者一个从事日常分析工作的工厂化学师的或然率，要比在大学里取得教席或者继续担任科研工作的或然率大。事实上，某些政府官员在一次巡回视察中，听到一个青年科研人员真的说他希望继续从事科研工作，都大为震惊，就象贫民院当局听说奥利弗尔·退斯特想要再吃一点粥①时大吃一惊一样。

从事科研的机会　　在英国一共有三种专职科研教授职位。
83 其中一种属于医学。有51个一般科学高级研究津贴名额，每年平均金额为425镑，平均年限为二年半，还有37个医学研究津贴名额，其每年平均金额为475镑，平均年限为三年半。这就意味着，在1600名从事科研的研究生中，每年平均仅向19名科学研究生提供专职科研机会，并向750名从事医学研究的研究生中的12名提供类

① 奥利弗尔·退斯特是狄更斯所著同名小说的主人翁。他所生活的孤儿院对孤儿十分苛刻，每餐限定食量，不让吃饱。奥利弗尔·退斯特由于要求再吃一点粥而遭到驱逐。——译者。

似的机会。初级研究津贴大多已由这些学生领取，其人数自然较此为多，不过不可能加以精确估计。1851年度展览会皇家委员会统计每年有45个这种津贴名额，每年平均金额为186镑，平均年限为2.2年。此外，科学和工业研究部大约提供120个平均金额为140镑的津贴名额，其中80名是每年授予的，一共凑成165个名额，亦即每年有100个空额(原文如此——译者)。这个数字当然是低的，但是即使假定它再增加一半，即150个名额，也不过占每年英国大学科学和技术毕业生3,700名中的百分之四而已。从事科研的机会无疑是不够多而且不能令人满意的。这个情况终于被官方所认识，不过迄今仍未采取什么措施加以纠正。威廉·布拉格爵士于1936年以主席身份在向皇家学会所作的演说中是这样提到这一点的：

“在这些金钱支援的鼓舞下把自己最富于才智的年华用于科研的人的处境，特别是青年人的处境应由决定他们前途的人们加以考虑。帝国的一部分最出色的青年人是为一个特殊目的挑选出来的。他们无疑能满足这个目的。他们取得了出色的成绩。一旦工作完成了，一批优秀的和最有用的类型的人就能脱身去从事其他工作。在许多情况下，从事其他工作的令人满意的机会会自然而然地出现。不过情况并不总是如此。可能有人从一个又一个科研信托基金取得收入借以维持生活，直到他由于年龄或其他限制条件而不再具有取得帮助的资格为止。他过去的工作可能是良好的，他的能力可能和以往一样强，可是他发现自己得去另找生路。他对学术活动可能也毫无用处了，而学术活动可能对他同样地没有什么用处了。他的职业使他走进了一条死胡同。我听说在工业中从事科研工作的人往往一有可能就改行从事单纯行政工作。据

信此种工作更为可靠而且到头来有更好的报酬。产生这个问题的真正原因是有线索可寻的。应该使这条死胡同成为通衢大道，使这些人可以获得更适宜、更能使他们发挥最大的才能的职业。这些职业的性质是不问而知的。这就是迄今还很少让科学专家们担任的负责职位，已经有了一个令人鼓舞的开头，不过还需要一些时日，人们才能明白：一个人在一方面接触到日益增长的自然科学知识，也应该在另一方面有应
84 用这些知识的机会。他应该在会议室里同别人平起平坐，而不应该是坐在候召室的下手。在另一方面，科学专家本身必该帮助把造成死胡同的障碍拆除掉。这就要求他所受的教育大大超出培养单纯的实验室人员所要求的水平。”

青年科研工作者的实际收入也并不是真正足够的。人们最希望得到的科学和工业研究部津贴仅能餬口而已（在牛津和剑桥两校除外，那里每年发给200至250镑），每年为120镑。从中还要扣除种种款项，不过当局特别开恩准许保留教学收入的三分之一（在牛津和剑桥可以保留六分之一）（参看边码第406页）。依靠这样的收入为生的科研人员无法扩大自己的涉猎范围，因而变成一个知识不广的专家，难道还有什么值得大惊小怪的吗？

发迹的问题　在这个领域里，象在一切其他领域中一样，自然有着由来已久的办法，其中之一便是明智地选择自己的上司，并且讨好他。最优秀的科学家并不就是最优秀的研究导师；他们有的忙于自己的工作，每年和学生见面一次，每次仅有一个小时左右；还有的则对学生极为关注，以至很容易忘记学生自己还不能全靠自己动手完成工作。青年人一旦发现年岁和真正的声誉并不能保证一个人不致窃取他人的功劳，总是感到痛苦。也许最合乎一时需要的上司便是那些和蔼的恶棍了。他们同他们的

科研工作者建立了一种共生关系，细心地选择优秀的工作者，保证他们的仪器设备齐全，在他们的论文上都附上自己的大名，一旦这种做法被人发觉，一般就通过自己的数不清的社会关系设法把被保护者提升到一个好的职位上去。独立精神在科学界里并不受鼓励。当一位参加选拔委员会的著名教授征求一位青年科研人员对于共同合作进行科学研究的意见时，凡是回答他不打算成为别人的跟班的人，都得不到那个职业。经过多年后，他那确定无疑的天才和品格才开始赢得一些赏识，但是，能力远远赶不上他，可是更为恭顺的同辈却已经身居教授之职了。

不过，这些都是一切权威制度下的共同的弊病。一个对科学事业更加特别有害的弊病是：所有科研人员都必须作出研究成果，而且必须予以发表。刚刚从考试制度压力下解放出来的青年毕业生发觉自己已经以一种奴隶地位换取了另一种奴隶地位，因为他的前途不但取决于他所发表成果的质量，而且取决于他所发表的成果的数量。所有穷苦的科研人员，即大多数的科研人员，都无法利用那一段本来可以最有效地加以利用——象伟大的科学家们 85
那样最有效地加以利用——的岁月，来学习、思考和进行表面看来漫无目标的实验。其结果，在独创性最能出成果的时候，在独创性还没有受到以后的行政和社会职责负担的影响的时候，就把独创性扼杀了。另一个结果就是使科学文献中充满大量毫无用处的论文，从而使发掘优秀论文的任务变得更加困难。

科研职业 这一切现象所以产生都是由于科研人员地位本身不正常，没有成为公认的体系的一部分的缘故。科研过去原是由业余爱好者或教师在业余时间进行的。人们还不习惯于把科研看做是一种独立的职业，人们也没有怎么认识到进行科学教学的能力和进行科研的能力并不总是一回事，以适当的方式承认科研

是一种单独的职业，就会使情况大为改观。这样一来，也许会有少数无所事事的科研人员继续存在下去，但是在同时却能保证大多数认真的工作者全心全意地从事工作，不必再象现在那样致力于自我奋斗了。在法国现在已经承认了科研职业而且加以照顾，这个事实说明这是一个完全切实可行的目标（参看边码第201—202页及附录VI）。

现在从事实际工作的科学家是现行的选拔和教育制度的产物。在如此迥然不同的社会和经济环境中，他们同那些奠定现代科学基础的人们有所不同是不足为怪的。在过去，决定从事科学研究是一种个人的抉择，只有极少数人这样做而且他们在作出这种抉择时，还准备承担由于选择如此无用的职业必然要产生的严重不利后果*。因此只有有钱的人和能够取得别人赞助的人才能从事科学。现在科学肯定是一种职业了，至少可以从中取得中等的生计，因此吸引了许多新来者。在科学教育体系内部进行的选拔过程，一方面注重技术效率和勤奋，另一方面注重遵奉社会习俗的一般态度。假如一个科学家想成功的话，他就象行政人员一样需要同有权势的人打交道。过份关心社会和政治问题会带来有双重恶果：使人不能专心致志工作，而且促使舆论认为他不可靠。在科学界中有一个缺乏历史根据的不成文的传统，认为：真正优秀的科学家对社会问题应该一无所知，更谈不上关心，言外之意
86 也就是说：如果一个人表现出关心社会问题，承认自己对合法当局以外的事物有所偏爱，他就同样可能在自己的科研工作中持有

---

* 要了解维多利亚时代的关于科研工作者的处境的描述，可以参看索比《研究才能》(The Endowment of Research，伦敦，1876年)一书中所写的文章。他的结论是值得引证的。他写道：“只有当一个研究工作者有充裕时间从事工作，并且能够摆脱有碍思索的各种忧虑时，他才能圆满地进行独创性的研究工作。”

偏见而且不可靠。

当这种看法越来越多地不仅应用于政治活动方面而且应用到人们本身工作范围以外的几乎一切文化活动方面的时候，正式的科学界就变得缺乏一般文化素养了。对文艺的爱好没有真的受到谴责，而且事实上还可以作为一种无害的嗜好而加以宽容，可是实际写作或绘画，除非显然很拙劣，就肯定会危及一个人在科学上的名气。文化界和科学界都有过错。双方都对另一方不甚了解而却显出鄙视的态度。这使大家都不光彩。科学界的确也象其他重要的职业一样，当然有一些真正有修养的，有独立精神的出类拔萃的和光辉的人物，不过他们不能代表所有从事此项职业的人。懦怯的百依百顺的态度是一个更为常见的现象。由于外界不把科学家当做科学家加以赏识，为了弥补起见，科学家们就在日常生活中显得很平常，并把自己的整个脑力活动用于科学专业的狭窄范围之内。科学家的工作使现代世界面目一新，可是并不是由于科学家有这样的性格，才使世界变了样，而是尽管他们有这样的性格，仍然使世界变了样。

科 普 工 作

任何科学教育方案的效果都见于科学在日常生活中所占的地位。在这里，问题不在于科学的物质贡献——各种发明。因为：这些发明不是作为科学的贡献，而是作为在科学昌明之前已经存在的事物的代替物或延伸物而交给使用者的。在这个意义上来说，电影只不过是更容易看到的戏剧，而电话也不过是同朋友讲话的一种简单工具而已。在几乎所有这些情况下，使用科学用具并不需要很多科学知识，也根本不需要知道科学方法。小孩子们不大

知道电台设在哪里，也根本不知道电振荡的原理，却能很容易地收听自己所需要的节目。但是到处存在的，包含科学原理的机器和服务项目必然迫使人们产生一种不同于先前时代的科学意识。在职业科学家队伍之外，有着成千上万的人对科学感到某种程度的兴趣，包括业余无线电操作者需要实际掌握某些有限的科学知识，直到一般人对科学奇迹所感到的兴趣。为此就产生了大量的
87 科学普及读物、文章、杂志和书籍，其数量并不比科学文献本身为少。

不过，正如大众化音乐大大不同于古典音乐一样，大众科学几乎是同样地大大有别于实际科学的。人们以或多或少正确的方式或者以耸人听闻的方式转载了一些关于科学成果的消息，但这些消息却是零星片断不完整的，把整个科学方法和精神都置诸脑后。英国的报界从来不曾重视过科学，除了一两个突出的例外情况，甚至没有一家报纸有相当于科学编辑的人员。科学消息是零星刊登的，其内容一般变动于耸人听闻和神秘暧昧两个极端之间。杰拉尔德·赫德先生1936年在他为《科学战线》所写的绪言中，是这样地加以描述的：

“不过科学消息是几乎不见报的，即令见报，印出来的几条新闻也好象是完全无关联的零星消息。畅销报纸刊登一条有关某种发现的消息仅仅是因为这种发现似乎有点惊人——仅仅是因为它似乎推翻了我们公认的观点。比较严肃的报纸实际上也不比这更好，因为当它们刊登科学消息时，它们就叫一个专家写一段文章。他不仅认为他是在为和他自己一样有知识的人写文章，而且他还认为有知识的人也和无知识的人一样，看不出或者不知道这块新积木和未知图案——科学正在加以拼凑，使其成为巨大整体——的其余部分有何关系。

这种消息除了一时使人感到新鲜之外，很难令人对之产生智力上的兴趣。要我们对这些片断的消息加以保存，分类，筛选和整理就更难了，除非我们能够看出它们在什么地方能为日益增长的知识的战线增添实力。"——《科学战线》，第9页。

科普杂志情况较好，不过多半仍然包含着惊人的故事，实用指导，偶尔也有一篇正确而严肃的文章。没有一个刊物的宗旨在于用通俗易懂的方式来描述科学在当时的经济和政治发展背景下的进展情况*。科普书籍最为糟糕了。其中内容都是一些大概是为了出版商利益而拼凑的卖弄学问的和一般说来不符合要求的知识摘要，业余科学家对最新成果的叙述（他们严重歪曲而且不理解这些成果）以及科学界中最知名者的不胫而走的说教。其中也有几本书做到既通俗易懂又正确无误，不过它们并不能树立良好风尚，它们和其他出版物的比例比维多利亚女王时代还要少。

科学在现代的影响 科学对公众事务的价值可以用它有意识地对当代思想产生的影响来衡量。毫无疑问，虽然总的说来，现代英国人对科学有相当大的兴趣，但这种兴趣却没有为科学提供 88
充分的群众批评背景。前几个世纪甚至在社会上对科学感兴趣的人还很少的时候，科学思想和群众思想之间就有着互相交流的关系，现在却没有了这种交流关系。人们观看足球赛或者赛马的时候，有着一种全神贯注和训练有素的欣赏能力，对于科学，则没

---

* 《现实主义者》(The Realist) 一度想这样做。《科学工作者》(The Scientific worker) 对普通大众和专业人员都有一定的吸引力。《现代季刊》(The Modern Quarterly) 要批判地处理这些方面的问题。但是这些都是相当严肃的刊物。我们需要的是一份优秀的大众化科学画报周刊，虽然新出版的《发现》(Discovery) 做了一点工作可以弥补这方面的不足。

有这种能力；这不能仅仅用科学幻想不能引起人们的赌博兴趣或科学本身艰深难懂来解释。生物学或者生理学论战的确不能象打板球或打弹子那样使人感到有意思；不过要是人们真的对科学感兴趣的话，人们不久就会发现：以十比一的赌注押在甲教授的理论上以反对乙教授的理论，该是多么有趣呀！*

无可避免的是：科学在很大程度上高高在上地脱离了群众的觉悟，其结果对双方都极为不利。这对普通大众之所以不利是因为：他们生活在一个日益人为的世界中，却逐渐地越来越不认识制约着自己生活的机制。说到底，在干旱或疾病等自然现象面前一筹莫展、一无所知的野蛮人和在技术进步引起的失业和科学化战争等人为灾难面前无能为力的现代人是没有多大差别的。他们两者都面对着不可知的可怕的灾难，而又无法理解它们。在这两种情况下，人类都只好求助于异想天开而神秘的说明。人们原以为占星术和招魂术早已在中世纪末寿终正寝了。现在占星术和招魂术又复活了。这决不是偶然的。蛊惑群众的法西斯思想更加危险地发生影响，足以说明群众是多么无知和他们多么需要有一种信仰啊。

科学的孤立　这对科学也是很不利的。从最粗糙的观点看来，除非普通大众——这包括富有的赞助者和政府官员——明白科学家在做些什么，否则就不可能期望他们向科学家提供他们的工作所需要的支援，来换取他们的工作可能为人类带来的好处。不过，更加微妙的是，如果没有群众的理解、兴趣和批评的话，科学家保持心理上的孤立的危险倾向就会加强。这种心理上的孤

* 群众缺乏兴趣的现象仅是表面现象，这一点可以从各类科学书刊和媒介在苏联受到热烈欢迎的情景中看出来。这种情景在报上、俱乐部中与文化和休息的公园中都可以看到。参看边码第228页。

立通常并不象人们常常设想的那样，表现为科学家成为一个超世脱俗的人，仅由于女性亲属的帮助才能勉强生活下去。这是科学的孤立而不是科学家的孤立。撇开了他的专业，他可能显得极为普通：玩高尔夫球、讲动听的故事，而且还是一个忠诚的丈夫和慈父；不过他的专业是自己的“本行”。他除了向二十个左右内行的人透露一二之外，对此守口如瓶。受过文学熏陶的人几乎都假 89
装对科学一无所知，科学家自己也不能例外。不过对他们来说，这是指他们自己专业以外的一切其他学科。在社交场合，以科学为题材的有趣的普通对话是极其罕见的，即使在座的人大多数是科学家时情况也是如此。当伏尔泰和夏特勒夫人在家宴中进行哲学实验或者当雪莱以同样的热情讨论化学和完美的道德时，情况当然决不是这样的。在较年青的著名英国作家中，只有一个人在作品中表现出他对现代科学有所了解，而他这样做是有家庭的原因的。

渗入科学界的迷信　科学缺乏文化背景的局面，使科学专业化的种种害处更为严重了。但是，与此同时，更糟糕的结果是这样一种情况：那些不知不觉地渗透到最具体的科学理论以外的一切科学理论中去的社会影响并不是一个有鉴别力的、有教养的社会的成熟想法，大多是当代最常见的偏见和迷信。其后果反映在科普读物中。虽然公众既缺乏训练又缺乏兴趣因而无法理解科学的作用，他们还是可能愿意为科学成就喝彩的，越是了不起的成就越好。他们也愿意去听取有相当名气的人就任何题目发表的意见。他们能够理解这些意见，因为这些往往就是他们自己的意见，经过权威批准之后再送回来的。相对论和宇宙起源之类问题本来是极其艰深难懂的，却被认为十分适宜，并不是适于作技术性说明，而是适于提供论证，来说明人类之无能和愚昧以及造物

者的福佑和智慧。在此同时，量子论等更有意义、更有实际重要性的理论却很少受到注意。

结果不仅加深了我们前面提到的科学家与公众之间的鸿沟，而且也加深了科学家和科普读物之间的鸿沟。从事实际工作的科学家对宇宙和生命起源或者生物学中的活力论等课题的态度和科普书籍所发表的意见截然不同。科学家认为：现象的实在性正在消失的设想完全是无稽之谈。他们明白自己由于有了量子论就能够更好地掌握物质，由于有了生物化学和遗传学知识就能够更好地研制生物制品。他们也明白自己无法使人们明白这一点，因为推广这些观点比推广相反的观点困难得多。结果公众大上其当，误以为唯心主义在控制着科学界而实际上却是唯物主义在取得全
90 面胜利。同时从事实际工作的科学家却因为自己有知识，因为公众无知迷信，而独自沾沾自喜。

有不少原因造成这种可悲的局面。说来奇怪，在一定程度上，科学和文化实际隔绝是由于学校里讲授科学的缘故。可以说科学正是由于失去了它的业余活动的性质，同时也使公众对它失去了很多的兴趣。谁也没有必要自己费心去想到科学，总是有人知道这一类事情的。科学发明一日千里的发展和其日益增多的数量大有令人不知所措之势。使这一情况显得更加突出的是，科学家自己也各有专业；而且还有一个神话被愈来愈多的群众信以为真：任何一个人可以凭借自己的智力掌握不止一小部分人类知识——更不说掌握全部知识了——并身受其惠的时代已经过去了。实际上，这个信条所说明的问题是：解释和传达科学知识的方法还跟不上发明的速度。一个安排适当的科学出版体系（其性质将在第十一章中加以讨论）应该完全有可能使每一个受过良好教育的人对科学领域的全貌有足够具体的了解，以便使自己能理

解任何一个科学部门中的发展所具有的意义。目前他所以不能做到这一点是由于科学语言十分暧昧和科学刊物十分混乱的缘故。

前科学的态度　对科学缺乏适当认识的现象还不限于普通大众：它在行政管理人员和政界中特别严重而且带有危险性。这种前科学的态度使我们无法从科学研究的技术成果中取得我们本来可以得到的大部分好处。人们从不以科学方式考虑影响人类生活的一些比较重要的普遍性因素，甚至也不去收集科学分析所必需的资料。《政治和经济规划》的一份宣传资料对这一情况作了出色的叙述：

“在工业主义的倡导之下，一种文明已经发展起来了。这种文明要求动员巨大的知识资源，以便使这种文明运转自如而不致于经常发生令人痛苦的故障。我们这样说决非言之过甚：我们既不具备必需的知识，也并没有在目前作出充分的努力以取得这种知识，虽然这一点并不是做不到的。我们对知识的取得和使用的整个态度仍然受到科学和技术昌明以前时代的偏见和假定的影响。长期以来只有少数人在进行孤军奋战。由少数人在这里对房租和收入多作一点调查，在那里对心理学多做一点研究，再对教育研究、社会调查、交通调查、医学研究等等多加注意，是搞不出名堂的。问题还不在于不能提供某些设备，问题要比这还要深刻。居民中很大一部分有教养的和无教养的人还需要认识到：技术既然能生产出电力、无线电、飞机、化肥和新品种的动植物，如果适当 91
地加以改进，也就能够同样充沛地创造出十分急需的社会性质、政治性质和经济性质的发明来。不幸，虽然第一流的生产方法或产品可以由一个古怪的人在亭子间里想出来，而且可以利用小额私人投资制造出来，可是社会性质的发明由

于它的性质的缘故，却往往需要获得大体上只能到群众中去搜集的原料。而且，企业经理已经渐渐认识到：一种产品或生产方法不会永远存在下去，因而理所当然地必须为创造新品种和新技术做好准备，可是人们却没有相应的警觉性或设备来检查和改善——举例来说——政府机器、卫生机构的性能以及交通或者属于社会或经济性质的其他问题的处理方法。"——《规划》第17号，1934年1月2日。

对科学的需要和对科学的压制　不过，群众和政府都把科学置诸脑后，决不是偶然的。现在人们对科学的态度是我们目前社会制度的基本和必要的构成部分。科学和社会生活的关系见于两个方面。社会要求科学满足它在当前的需要；所以不管这些需要性质如何，总是需要一点科学。不过这样产生的科学一定会创造新的需要并且一定会批判旧的需要。在这一过程中，它一定要在社会的改造中起一定作用，这种作用要比原来要求它起的作用为大，而且与之大不相同。十七世纪各国政府所发起的科学运动，在十八世纪证明是批判这些政府本身的形式的最有力的根据。今天的形势更加清楚地表明了这个矛盾。一旦人们对于科学的成果，对于它在人类面前展现的前景，或者对于它的批判方法有了普遍认识，那一定会具有巨大的社会和政治意义。社会中反对这种变革的力量一定会设法使科学不超出它原来的界限。它应该是一个有用的仆人而不是主人。因而科学同时受到内部的推动和外部的压迫。在现在的德国可以最清楚地看到一种矛盾现象：一方面，极其需要科学家来为一个专制主义的经济国家奠定基础，来建立一个无敌的军事机器，另一方面又把他们痛斥为文化上的布尔什维主义的潜在来源。在我国也可以清楚看出同样的趋势。关于科学界应当发挥的作用，有两个针锋相对的理论。其一是：科

学家仍然被允许存在，只要他完成工作而且不介入政治，他就可以取得豁免权(参看边码第394页)。朱利安·本达在《职员的背叛》 92*
一书中则提出了一种相反意见。他把学者们都当作经过挑选的文化保护人而大加嘲笑，因为他们都屈从迷信和暴力而辜负了对他们的信任。今天的世界要科学家在这两种观点之间作出痛苦的选择，不过，不论他怎样作抉择，从长远看来，显然只有能够理解科学的好处的全部意义并且加以接受的社会才能得到科学的好处。

* 原书92—93页为注释，中译本改排在各页脚注部分，页码从略。——编者

第五章　科学研究的效率

我们一旦承认科学在社会中的功能，就有可能问一下：究竟科学是有效率地还是效率低下地执行着这个功能？取得的成果是不是以现有人力和物力资源所能取得的最好成果？不过，我们对科学效率低下程度的判断将主要取决于我们对于什么是科学的功能的看法。什么是科学的功能乃是本书的中心问题。在对这个问题不预先作出判断的情况下，还是有可能就科学的各种假定的功能，来谈谈科学研究的效率的。

科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的　我们可以认为，科学作为一种职业，具有三个彼此互不排斥的目的：使科学家得到乐趣并且满足他天生的好奇心、发现外面世界并对它有全面的了解、而且还把这种了解用来解决人类福利的问题。可以把这些称为科学的心理目的、理性目的和社会目的。科学的社会功用将是下一章的课题。我们在这里仅涉及另外两个目的。

显然不可能在任何严格的意义上，联系科学的心理目的来估量科学的效率。不过由于心理上的快慰在进行科研过程中起着重要作用，因此，只要讨论科学的总的效率，都应该把这种心理上的快慰考虑进去。

无可否认，对于愿意从事科研工作的人来说，这种工作是极为令人快慰的。总的说来，人们正由于预料到这种乐趣才愿意当科学家。不过这并不是科学所特有的一种乐趣。在几乎一切职业中，都存在着运用有训练的好奇心的机会。这种好奇心在本质上

无殊于在科研中所表现出来的好奇心。科学界发展到目前的规模，并不说明天生有好奇心的人的数目自发地有所增加，而只是说明人们认识到科学可以给科学事业的资助者带来多少价值。心理上预先存在的天生好奇心就是用于这一目的的。科学利用好奇心，它需要好奇心，可是好奇心却不就是科学。

说来很奇怪，直到比较近的时期，科学家们自己才设法用科 95
学所带来的心理上的快慰来为科学辩护。最初，人们本来是用科学是对上帝的赞颂或科学可以造福人类的说法来为科学辩护的。这些说法虽然等于默认心理上的快慰是从事科学事业的理由，但在表面上却把科学同神和功利联系起来，因为神和功利在当时被认为是人类总的社会目的。十七世纪的科学家有明显的理由坚持科学的功利论，因为只有他们能看出科学的潜力，而且他们还需要外界的支持，而只有指出它的物质好处才有可能获得这种支持。他们也不得不坚持这种实用的功利论以便反对象斯威夫特教长那样的诽谤者。当时，斯威夫特教长曾经讥笑当代的科学家从事空虚和无益的幻想。但是，没有理由认为，科学家们并不真诚地认为自己的工作是有益于社会的，他们也的确没有想到把科学的成就用于任何其他目的。

纯科学的理想

早期的这一信念在十九世纪开始动摇了。那时，已经可以明显看出，科学可以用于而且正用于卑鄙的目的；因此，早期的信念就被纯科学的理想主义——从事科学而不求应用和报酬——所取而代之。托马斯·亨利·赫胥黎在他的颇有说服力的文章中，说出了维多利亚女王时代科学家的感想。

"事实上，自然科学的历史教导我们(我们无论怎样仔细地牢记住这个教训都不过分)：对于生来就有解释自然界的天才的人们来说，通过自然科学可以取得的实际好处从来都没有、而且以后永远也不会有足够的吸引力，足以使他们鼓起勇气去经受劳苦，去作出这个职业要求它的从业者们作出的牺牲。推动他们的脉搏跳动的是他们对知识的热爱和他们由于发现古代诗人所歌颂的事物的原因而感到的欢乐——由于把存在规律的领域不断推向那无法达到的无穷大和无穷小目标而感到的无上欢欣。我们的小小生命竞赛便是在这两个大小极端之间进行的。自然哲学家在这项工作的过程中，有时是有心地、更常见的是无心地发现一些证明有实用价值的事物。由此而受惠的人十分欢欣，科学一时成为一切工匠的黛安娜①。不过就是在欢呼声响彻云霄的时候，就在这种研究浪潮所带来的飘流物正在变成工人的工资和资本家的财富的时候，科学研究的浪峰早已远远地翻腾于无限的未知事物海洋之中了。"

"因此，虽然我们一刻也不假装瞧不起增进自然知识的实际成果和自然知识对物质文明所起的有益作用，我认为：我们必须承认，我已经指出一二的伟大思想和我过去力图在
96 自己所能支配的短暂时间中加以概括描述的道德精神，构成了自然知识的真正和永恒的意义。

假如这些思想正如我所相信的那样，注定会随着世上岁月的荏苒而越来越牢固地确立起来，假如那种精神会象我相信的那样注定要扩及人类思想的一切领域，而且会随着知识

① 黛安娜是古罗马的月亮女神，是狩猎者守护神。——译者

的范围的扩展而扩展；假如我们的种族在逐渐接近成熟的时候，象我们相信的那样，发现世上仅仅存在一种知识，而且也只有一种方法来获致它；那末，尚在幼年时期的我们这些人，就可以心安理得地感到：我们的最高职责就是认识到增进自然知识是正确的，从而帮助我们自身和后人走向人类未来的崇高目标。"——《方法和成果》第54及第41页。

从另一个意义上来说，纯科学的理想是一种势利习气的表现，是科学家追随大人先生亦步亦趋的标志。一个应用科学家一定显得有点象生意人；他冒着失去业余爱好者地位的危险。可是，由于坚持为科学而科学，纯科学家就抛弃了自己的工作所凭借的肮脏的物质基础。

把科学作为一种逃避现实的方法　随着战后产生的普遍幻灭，连纯科学的观念也开始褪色了。这种心理的产生似乎说明：追求知识只不过是把童年的好奇心继续带到成人生活中去而已。赫胥黎的一个孙子在描写科学家时，叫他的一个角色说出下面的一段话：——

"我现在认识到：知识分子的生活——致力于学问、科学研究、哲学、美学、批判的生活——的真正美妙之处是它的轻松愉快。这是以简单的知识图案来代替复杂的现实；以静止的和形式的死的东西来取代令人迷惑不解的生命的运动。了解很多艺术史——举例来说——的知识，对形而上学和社会学形成深刻的观念，要比亲自直觉地了解自己同伴的许多事情，要比同自己的朋友、恋人、妻子和儿女保持满意的关系容易得多。生活要比梵文或化学或经济学难得多。知识分子的生涯是小儿的游戏：正是由于这个原因，知识分子往往变成小孩子——然后变成白痴，最后，正如前几世纪的政治

和工业发展史所清楚显示的那样，变成杀人的狂人和野兽。受压抑的功能不会消亡；它们恶化、化脓、回到原始状态。但是在这时候，要做一个有知识的小孩子或者做一个狂人或者做一只野兽，要比做一个同人家合得来的成人容易得多了。正是由于这个原因(和其他原因)，人们才这样迫切地要求受到高等教育。人们象涌入酒店一样地对书本和大学趋之若鹜。人们认识到自己难以在这个奇异的当代世界中过应有的生活，想要忘掉这一切；他们可悲地无法成为生活艺术家，也想要忘掉这一切。有些人借酒消愁，不过更多的人则沉溺
97 于书本和艺术爱好；有些人想靠纵欲、跳舞、电影、收听无线电来忘掉自己，其余的人则想靠讲课和科学性的嗜好来忘掉自己。书本和讲课比酗酒和女色更能消愁，事后不会留下头疼的感觉、令人失望的 post coitum triste(聚会后的悲哀)的感觉。我必须承认，直到不久以前，我也曾十分严肃地看待学术、哲学和科学——所有这些都被华而不实地统称为“追求真理”。我一直把“追求真理”看作是最高尚的人类任务、把“追求真理者”看做是最高贵的人。不过，大约到去年，我才开始看出这种有名的“追求真理”只不过是一种娱乐、一种无殊于任何其他嗜好的嗜好 一种真正的生活的相当优雅而精致的代替物；“追求真理者”的作风也变得和酒徒、纯唯美主义者、商人、“放荡儿”的作风一样愚蠢、幼稚和腐化。我还看出：知识分子喜爱一种消遣，就是以简单的因而也是虚假的抽象来代替活生生的复杂的现实，追求“真理”只不过是知识分子所喜爱的这种消遣的一个雅名而已。但是追求“真理”要比学会过完满生活的艺术容易得多(在这种生活中，“追求真理”当然会同九柱戏和爬山之类其他娱乐一道，占有其应

有的适当的地位)。正是由于这个原因，我才继续过分地沉溺在阅读知识性书籍和进行抽象概括的罪恶中，虽然这个原因并不能证明我这样做是情有可原的。过完满的生活是一个更加严肃、更加困难的任务。我会有坚强的意志摆脱自己这些懒惰的知识主义习惯，把自己的精力用于过完满的生活吗？即使我的确想改变这些习惯，我会不会发现遗传是这些习惯的根本原因，而且我自己生来就不能过完满而和谐的生活呢？——摘自奥尔德斯·赫胥黎著《对位法》，第442—444页。

在这个问题上，人们认识到：科学现在主要是被用来使少数人发财致富而把许多人毁掉。因此，归根结蒂，为科学辩护的理由是：它是十分有趣的消遣。虽然很少有人承认他们持有这种态度，其实它在科学家当中、特别是在拥有比较稳固和比较舒适的职位的科学家当中极为普遍。科学是一种最有趣和最惬意的消遣，因此它才以不同的方式吸引着不同类型的人。对某些人来说，这是同未知事物进行游戏，人们在其中只会获胜而不会失败。对其他更善于考虑到人的因素的人来说，这是不同研究者之间的竞赛，看谁首先从大自然夺得奖赏。科学具有字谜游戏或侦探小说所具有的使千百万人入迷的一切特点，唯一的不同之处是：科学中的难题是大自然或偶然性提出来的，而不是人提出来的，而且并不是肯定能够得到答案的，一旦有了答案，往往又会提出一些比原来的难题多得多的问题。

假如我们从这个观点来考察科学的现状的话，我们就不得不承认：它总的说来是令人满意的。科学家只是根据纯物质上的理 98
由有一些不满意见。只要向科学家提供足够的薪金、相当可靠的任职年限，再免去完成某些特定任务的义务，科学家就十分满意了。从我们已经谈过的情况来看，大多数科学家连这些条件也没有。不过不少科学家还是能得到这样的待遇的，而且这些条件毕

竟是一种完全做得到的理想。假如游戏是唯一重要的问题的话，那么从其他角度看来构成主要缺陷的问题——缺乏仪器和情报、缺乏总的计划或指导，不能使科学同其他人类活动协调起来——就全不重要了。可以把实际的物质缺陷看作是妨碍游戏的额外障碍；科学家克服这些障碍本身就是受教育。科学家的工作条件特别容易使他采取这种游戏观点。不过把科学单纯看作是一种游戏的危险在于：把游戏作为一种毕生工作并不是经常能带来经久不衰的或者充分的满足。人们需要感到他们自己所做的事情还具有社会意义。连莫菲那样卓越无比的表演家也不能从自己的成功中得到满足。因为他不能容忍别人把他仅仅看做是象棋棋手。

科学与玩世不恭　不过由于专业化范围十分狭窄，而又有人抱着在现有条件下尽力而为的态度，因此，仍然有不少科学家过着比较愉快的生活。某些视野较为开阔的人还可能有意识地接受这个态度。一位教授说过："每当我向外界观看的时候，我都看到一片悲惨混乱的景象，以致我宁愿埋首工作，把自己无论如何也无能为力的事情忘掉。"其余的人则从心理学角度看待科学研究，以玩世不恭的态度承认科学本身完全无用。*这种态度表现在

* C. P. 斯诺的小说《探索》，在描写主人翁终于决定脱离科学界的段落，很好地表明了那些在今天希望从科学中找到乐趣的人们所面临的冲突和困难：

"我以前为什么要献身于科学呢？我的热忱为什么又消失掉呢？我记得自己多年前同亨特和奥德丽的几次争论。虽然当时全部逻辑都在我这一边，可是凭直觉来看，他们似乎比我有眼光。我向奥德丽讲的是人们为什么要搞科学的各种理由。我要讲的还是那样一些话，只是我现在认为偶然性的作用要更大一些；许多人由于方便的缘故成为科学家。干这一行或干任何别的一行对他们说来横竖一样。但是仍然存在着真正急迫的动力；这些动力似乎可以分为三类。也就是说，人们自己可以提出三类理由；一个人为了使自己同更为深刻的冲动力协调一致就不能不相信这些理由。一个人可以由于相信科学能实际而有效地造福于世界而搞科学。许许多多科学家都把这当作是自己的主要的自觉的理由：对我说来，这种理由是从来不成立的。在我三十岁的时候，这理由似乎变得比十年前更其愚蠢了。因为假如我要直接造福于世界，我就应该尽自己

一些力图证明精确知识不可能为人们所获得、力图证明决定论，甚至简单的因果性都不管用的理论上。

微小的一点力量去防止西方文明在——比如说——二十年内衰败。这个任务要比应用科学更为急迫。应用科学一点也没有使这个任务更为轻松一点；随着科学的进展，科学所在的世界就会在科学自己的脚下垮下去。我自己在两个方面的作用都可能是极小的；不过要是我的作用突然无限扩大起来，人家要我在两个机会之间进行抉择，一个是参加治疗癌的工作，另一个是让开明、清醒和丰富的思想可以自由地在英国和法国继续存在三十年。我将毫不犹豫地挑选后者。

人们可以因为科学代表了真理而去搞科学。这句话或者类似的话就是我在过去提出的理由。如果我有一个自觉的理由，那便是这个理由。可是当我看到一艘悬着红帆的小船往来于一个小岛和海岸之间时，我就想到这个理由还不十分充足。科学在自己的领域中是真实的；它在自己的局限性范围以内是完善的。一个人自己选择了自己的数据——仿佛是为自己找了一个字谜画——而且最后通过说明这些数据怎样和同类的其他数据符合一致而解决了这个谜团。我们现在对这个过程知道得太清楚了，所以明白我们由此得出的结果的质量如何。我们也明白经验的某些侧面是这个过程永远无法接触到的。不管人们如何长久地再把科学搞下去，由于科学必须先给自己定下界限才能开始，这些界限必定会存在下去。情况仿佛是这样：人们对这个城市和那个城市之间的整个乡下极感兴趣；他们要科学作解答；而得到的答案则是两个城市之间的一条道路。我感到，如果把这当作是真理，把“真理”完全看做是独一无二的理想，那是有点头脑太天真了。

另一方面，如果认为自身局限性范围以内的科学是不真实的，那也是不懂这些字的意义。我知道康斯坦丁对这两句话都会表示同意。不过我们分歧之处是怎样估价这个特定的、有局限性的科学真理。我认为，既然它的性质已经确定，我们就明白了我们的头脑怎样确定它的局限性，因此，我认为，它的价值仅在于应用；一个科学事实并不能使我们明白一切事实的性质；我们在发现一个科学事实之前就知道了它的意义了；它所以重要仅在于它给我们一个新单元，以便于我们控制外部世界。不过当日我同康斯坦丁争论时，他总是把科学事实的价值说得超过它的用途——一个几乎带有神秘性质的价值，与其说是把它当作真理，不如说是把它作为知识。不知怎么的，就仿佛只要我们知道得多了，我们就会得到启示。也许我这样说对他有失公正；他说了许多话，不过他所说过的没有哪一点能够使我重新接受科学真理具有内在价值的观点。

一个人也可以由于从科学中得到乐趣而搞科学。任何一个全心全意地相信科学有用或者相信它是真理的人自然也会从科学中得到乐趣。例如康斯坦丁从研究中所得到的纯朴乐趣比大多数人从自己爱好的娱乐中所得的乐趣更多；虽然他是我所知道的最有献身精神的科学家，不过却有不少人由于信仰科学而从中得到乐趣。我倒认为，即令人们不过于相信科学的用处，对科学的真理的价值也没有形成任何看法，他们也还是有可能从科学中获得乐趣。许多人喜欢猜谜。科学谜是很不错的，而且还有相当的奖赏。所以不少人要末根本不去考察科学的功能，对之漠不关心，要末把这些功能

从根本上来说，这一观点认为科学是文明社会的产物，多少有装饰作用，但无论如何也是毫无用处的。不过事情是很清楚的：不管科学家自己怎样想，世界上决没有任何经济制度愿意为了让科学家消遣一番就把钱付给科学家。科学也同任何其他人类活动一样，要想前进，就必须付给人家一笔过境费用，虽然这笔费用不一定总是采取纯粹的物质形态。我们还应该把科学的声望和它对道德和政治的影响考虑进去。

科学在技术上的低下效率

科学家所以有可能以接近满意的态度来接受目前科学工作的条件，完全是由于专业化范围极其窄狭的缘故，或者是由于他们
99 采取极彻底的玩世不恭态度的缘故。如果根据我们的第二个衡量标准——整个科学知识的极为迅速的发展——来判断，就决不可

视为理所当然，象干法律那一行一样地搞起科学研究工作。他们以此为生，遵从它的规律，从解决问题的过程中得到很大乐趣。这是一种十分实在的乐趣。你可以在这些人当中发现几个最有能力的科学家。他们无疑有心醉神迷的时刻，就象我在青年时代发现一个科学真理时一度感到乐趣那样。这些欢乐并不取决于对科学价值的信仰，就象从宗教得到的欢乐并不取决于对上帝的信仰那样。也许信仰更容易使人感到欢乐；不过我却感到不信教者也同样地可以得到欢乐；也许除了圣徒之外，不少人也会感到宗教般的欢乐，只不过他们用不同的名称称呼这种情绪而已。

我想也许最后的这个理由，即朴素的、无批判的乐趣，是最常见的理由，再加上一些有关动机的更加冠冕堂皇的瞎话；因为几乎任何一个由于喜欢科学而搞科学的人，如果问他为什么要搞科学，都会夸耀自己，说是要揭开自然界的秘密。唔，我得承认这是一个相当好的理由。但是我过去却不愿意承认这一点；因为对我来说，我总需要先对成果有信心，才能从中得到乐趣。我过去对人类的错综复杂的事可能由于其本身的缘故而感到兴趣。不过我对科学问题却不是那样，除非它们由于具有比本身更丰富的意义而使我感到重要。

我想：'它的内容对我毫无价值'。

'令人奇怪的不在于我现在对它不忠心了；而在于我竟然长期相信它。'

我想，'我再也不会恢复这种忠诚了。'"（第364—369页）

忽略这个制度的低下效率。科学家的大部分工作都浪费了，要末是由于眼前缺乏仪器或助理人员，要末是由于没有同其他工作充分配合，最后，他们的研究成果还有很大可能湮没在一大堆混乱不堪、读不胜读的科学文献中。

糟糕的组织形式 假如我们设法更为周密地考查一下科学作为发现新事物的方法的低下效率，我们就会发现这种情况源出于两个主要缺陷。第一是经费数额完全不足，关于这一点我们早已谈过了；第二是组织上的缺陷。由于组织上的缺陷，连这一点点资金也有很大一部分浪费掉了。科学家可能认为这最后一句话有点近乎大逆不道。即使真是这样，也不应该公开说出来。因为科学界目前获得的那一点点钱，也是由于人们相信它卓有成效才得到的。一旦人们怀疑科学家浪费了交给他们的钱，他们连那么多的钱也得不到了。不过这种忽视科学界内部效率低下情况的君子协定，从长远看来是肯定会带来灾难的。不论怎样小心地掩盖这种事情，人们总是会怀疑有这种事情，并且愿意施舍的人和普通公众也会产生隐约的猜疑。对科学来说，由此而造成的损失要比公开的指责厉害得多。同样地，如果有一套详尽的道德规章规定医生们在任何情况下都必须相互支持，决不承认同业中存在统计学上不可避免的差错，也决不承认同业中有同样不可避免会有的恶棍和笨蛋，那也只能使人们更加不相信正式医务人员而使庸医和江湖骗子得利*。不过更为重要的是应该考虑到：如果没有一个真正有效的内部工作组织，科学家就永远也不可能为自己的一行取得他们认为应得的赏识或者科学事业所急需的更多经费。

造成目前的科研现状的原因是不难找到的。具体科学活动是

* 见A.J.克罗宁的小说《城堡》(Citadel)。

自发地发展起来的。协调这些活动的组织却没有在事前规划好，而是随着科学本身的发展而扩大，总是比科学活动晚一步。这是人类的各种机构发展的总的状况。不过就科学而言，情况由于特殊因素而变得更加严重了。科学家个人的兴趣各不相同，同时他们的兴趣同行政部门的兴趣也大不相同。科学家们本能地不愿意
100 占用具体工作的时间去处理组织的问题；因而这些事情大多交给少数薪金相当低微的官员以及年龄较大、不再接触当前动向的科学家组成的委员会去处理。

科学研究的低下效率与其说表现在深度上不如说表现在广度上。越是接近科学家个人和他的工作，效率就愈大；调查的范围愈大，效率低下的状况也愈严重。科学的实际发展太快，以致它现在受到了自己过去和现在的丰硕产物的干扰和妨碍。这主要表现在各种不同的研究工作之间的关系上，而不是表现于工作本身上面。

实验室工作对人才的浪费 但是，即使在具体工作中，也在很大程度上由于虚假的节约而造成相当大的浪费。由于设备不良和缺少足够的实验室助手和机械师，许多科学家不得不把大量时间浪费在机械性和常想性工作上。他们不一定对这种工作十分熟练，而且这无论如何是会妨碍他们的正当工作的。在这里，人们可以不无理由地提出异议说，这有时是塞翁失马；科学家只有在进行有意义的观察和操作的时候才需要全神贯注地工作，工作过度会使神经过份紧张；科学家有必要做一些其他的事情，这样工作节奏就可以放慢到适于人体的速度。不过，当然应当让科学家自己选择自己要做的日常工作。没有必要阻止他做机械性工作，但在正常情况下，不应该一定要他这样做。

这种情况所以难以改善，主要是因为科学工作的经济算盘同

一个盈利社会的算盘不完全相同。每年收入400镑的科学家可能由于没有一个每年要花费150镑的助手而不得不浪费掉四分之三的时间，虽然这种安排十分不讲效率，对于大学和有关的政府机构来说，这只是每年花费400镑还是花费550镑的问题而已。由于无法在资产负债表上表示科学家的工作的价值，他们总是会选择前一个数字。人们确定了科学研究人员和助手之间的某种传统的比例，可是这些比例一般都太低了，没有顾及现代科学不断提高的机械化程度和由此造成的愈来愈需要更多科研辅助人员的局面。这一点尤其适用于机械师。他们在实验室里从没有充分发挥过作用。这是绝对浪费金钱的清楚例子。一个实验室机械师能制 101
造大部分必需的比较简单的特殊类型的仪器，成本几乎总是低于科学仪器制造商所供应的仪器的价格，往往只达到其价格的一半或四分之一。事实上，可以向制造商购买的唯一合算的仪器都是一些由于有工程用途或其他用途而大规模制造的东西，例如一切无线电器具(参看边码第111页)。

虚假的节约　凡是科学研究成果的取得关系到财务收入的地方，例如在比较进步的工业实验室中，一般并不缺少有训练的助理人员，可是人们往往认为：这些实验室所以很少做出有科学价值的工作，正是由于助理人员过多，而不是由于极易使工业科研得不出成果的人事因素和组织上的因素(参看边码第138页及后文)。人们在提出这个论点的同时，往往还要对依靠火漆和绳子进行工作的实验室加以表扬。的确，让科学家在一定程度上直接接触材料并且亲自去克服眼前的物质困难，要比派给他们大批职工和助手更能迅速查明哪些科学家有能力和哪些科学家没有能力。过去许多最伟大的实验科学发现也的确是靠极为简陋的仪器获得成功的。不过人们不应该从这些事实得出结论说，早期科学家在物质上的

困难正是他们伟大的原因，或者只要制造一些困难就能再度自然而然地促成伟大的成就。随着科学的进步，科学所观察的现象也变得越来越复杂了。这就促使人们去使用越来越精巧的仪器。而且，随着科学的进步，一般科学工作者的学识质量也必然会降低，因为居民中从事科学工作的人的比重比过去增多了。虽然科学的威望吸引了在从前本来会从事其他职业的有才能的人士，可是科学发展的速度远远超过吸收有才能的人员的速度。所以，如果我们希望一般科研人员能象过去的寥寥可数的几个科学家那样，从不充分的材料得出成果来，那是不公平的。科学上的清教主义最终是会贻害自己的。

科学工作者的薪金 我们已经谈过科学工作者的一些经济情况，不过在这里还是值得再提一下，因为这是造成工作效率下降的一个因素。很难估计出科学工作者的平均工资是否足够。首先，我们对他们拿到多少钱知道得不够确切*，不过一般的印象是：虽然大学毕业生在开头几年的工资过低，年龄较大的工作者
102 通常每年都能拿到300镑至600镑的薪金。这相当于他们的要求不高的需要。具有同等能力的人也许的确可以在企业的其余部门多拿百分之五十或更多的薪金，不过据认为：科学工作者的工作称心足可补偿这个损失。常常有人议论说：由于财富是现代社会中衡量地位的唯一标准，假如科学家的薪金相当于目前的二倍或三倍，科学才算受到应有的重视。不过这种说法却把因果关系搞颠倒了；薪金是由供求规律决定的。目前社会并不重视科学，因而

* 科学工作者协会一直在努力通过发出调查表来了解区一点。迄今为止的结果说明，年在20至24岁之间的人每年平均薪金为245镑，到50至59岁之间时都相当一律地增加到800镑。在每一阶段中，从事工业研究工作的人的收入都明显地多于从事学校研究工作的人。

它就没有理由向科学家付出更高的薪金。而且直到现在，科学家本身并没有表示过自己需要更高的薪金。他们甚至还没有采取工会式的联合行动或者建立在医学界和法律界十分成功的关门式行会制度，来大规模地争取更高的薪金，不过科学工作者协会、英国化学家协会和各科学研究所却是在这方面采取的一些步骤（参看边码第400页）。增加科学家待遇，总的说来是不是会有利于科学事业，也有些值得怀疑，因为这自然会吸引来大量自私自利的人，科学在目前对他们是没有什么吸引力的；我们已经看够了经济竞争给科学造成的损失，所以不愿意去扩大这个因素。

不论指出科学家的平均收入有什么理由，人们很难为工资在各种类别之间的分布状况说出道理来。科学家收入的高低差距很大，虽然这和一般收入差距比起来算不了什么。每年能拿到2,000镑以上的教授很少，向优等毕业生提供的每年收入一百镑以下的研究职位也不多*。以这种待遇雇用科学家的单位解释说：由于他们能经常找到这种工作的求职者，它们实际上是对本来找不到这种工作的人们施恩。科学和工业研究部在发给研究津贴时，不是把研究生的研究工作看作是拿报酬的工作，而把它看作是适应将来工作的一种训练，因此，当申请人能证明自己无法从父母得到帮助，也无法从地方当局或其他地方得到津贴时，它仅发给他们平均为130镑的、总的来说为数很少的津贴。

确确实实存在的薪金差距，特别是每年400至500英镑的讲师

* 《1929—1935年度大学津贴金报告书》(University Grants Report 1929—1935)说明，在1935年有669名教授，亦即79%，年薪在800至1400镑之间；273名高级讲师，亦即73%，年薪在550至850镑之间；1068名讲师，亦即77%，年薪在375至600镑之间；以及702名助理讲师和示范员，亦即82%，年薪在225至400镑之间。这说明工资等级之间没有很大重叠现象。

薪金和每年为1,000英镑的教授薪金之间的巨大差距，是推动科学界内部趋炎附势和猎取肥缺的极大动力。如果能使薪金有更均匀
103 的分布，科学界就更有可能实现内部民主。这种民主将比科学界目前的寡头独断组织更能应付自己的任务。

另一个更令人痛心的缺点是，科学职位、尤其是工业中的职位和一切低级职位的任期没有保障。我们已经在82页中提到现行制度的弊病。由于现行制度要求马上见效，成果丰硕，它必然加重科学内部工作效率低下的状况。有前途的科学家往往不敢承担一项只要坚持下去就可能对科学发展作出显著贡献的工作，因为他不知道一二年后，如果他拿不出什么具体成果，他是不是得离开那个职位。使科学工作者，尤其是年轻和有前途的工作者，不能专心致志，不能获得有条理的思维所必需的平静心境的，还有一般的经济上的忧虑，只不过更为隐蔽罢了。

科学研究所

在现代的条件下，大部分科研工作是在实验室或研究所中进行的。这些研究单位拥有四至四十名科研工作人员，从事研究一些多少有关联的问题。迄今我们只研究了个别科研人员的工作效率。实验室组织的效率也许对科学的进步更具有意义。目前科学组织方式正处于发展中的过渡阶段；它正从科学只是个人努力的总和的阶段过渡到人们通过自觉的合作促进科学进步的阶段。科学家个人的贡献通过这种合作而被吸收到总的成果中去。今天的实验室相当象早期的原始工厂。这种原始的工厂由一些独立的劳动者组成，每一个人拥有自己的工具，并得到电力或材料之类某些常见的供应品。

我们已经能够看到形形色色的实验室组织方式。在某些实验室里，工作人员总是保持几乎完全孤立的状态。每一个工作人员都把自己办公室的门锁起来，许多人工作了多年还不知道其余的人在研究什么问题。在其他的实验室里，已经有了明确的分工。例如，一个工作人员可能负责全部光谱工作，另一个负责显微镜分析工作等，不过总的来说，所有这些工作往往限于少数专家，大部分科研工作者还是相对独立的。

目前，内部配合的程度几乎完全取决于实验室主任的性格。
处于一个极端的是一种专制式的实验室。实验室主任把所有的研 104
究人员都当作他个人的助手，不时向他们规定要执行的任务；处于另一极端的是一种无政府状态的实验室，其中每一个工作者都是独立工作的，他选择自己的课题，并且仅作为一种礼貌而向主任提出报告。第一种极端例子的内在危险在于：它妨碍独创精神，不能使助手具有责任感。就是在这类实验室里，高级人员尽量利用低级人员的工作成果的情况继续存在着。不少人几乎完全是通过巧妙的合作来赢得科学声誉的。如果人们象经常发生的那样遇上一位年龄又大又专断的主任，研究的内容就可能是三十年前认为重要的课题。结果我们发觉：在任何一个学科中，除了对研究课题作常规的描述和实验之外，能对科学思想的进步有所贡献的实验室，只是全部实验室中的极小的一部分。

另一极端的无政府状态的实验室则存在不同性质的弊病。在完全没有指导的情况下，除了最能干的工作人员之外，大家都面临做什么以及怎样去做的问题。他们不得不过分依赖自己的才智。鉴于科学工作一般说来都很难搞，个人的才智可能是十分无济于事的。这类实验室容易培养出一批科学隐士。他们相互妒忌，偷偷摸摸地一个人独自进行自己的研究工作。

这两个极端类型之间还有一种比较能够互相合作的安排。主任和研究人员经常正式地或非正式地互相商量，研究工作的一般进展情况和派个别人员去解决某种共同性难题的办法。显然最后一种类型同可以避免内部浪费的组织方式最为接近。不过在目前，共同合作进行研究的实验室还是凤毛麟角。只有遇到一位有极大预见力和愿意把权力下放的主任时，才能有这样的实验室。这种人在科学界中仍然太少。除了为数寥寥的几所这种类型的实验室之外，一般实验室都没有长远的多年综合规划或工作方案。由于除了笼统了解之外就无法知道实验室正在做什么工作或者将要做什么工作，所以不可能使这些工作和其他地方类似的一些实验室的工作或者同一地方的各种不同的实验室的工作配合起来。因此，本来可以通过共同努力来研究的许多普遍性的科学问题只得由个人分散进行，而且工作的成果总是不完整，不得不吃力地从许多分散的来源凑集起来。

105 **大学实验室** 迄今所谈的大体上适用于一切实验室工作，不过各种不同类型的机构的实验室又各有特殊的缺陷。除了某些突出的例外，大学实验室的主要缺陷是规模小、设备不足。使用火漆和绳子来进行科研的说法就是从这些地方产生的。研究手段的缺乏到处妨碍着工作：无法雇用新的助理人员、可能要经过好几年才能获得一次补助金来购买一件仪器。最后，工作成绩十分令人失望，因而使一些课题的研究工作变得疲疲塌塌。如果我们说我国几乎有一半大学实验室处于这种状况，那也许并非过甚其词。由于把力量分散到数目众多的实验室，这种倾向就更加严重了。这种分散是极为不经济的；由于无法共同利用设备，不得不无谓地重复购置设备，还缺乏联系和相互激励。只是靠了科学学会才部分地补救了这个缺陷。

大学科研工作的另一特有的缺陷是教学对科研的干扰。这是一个内在的困难问题，而且无法简单地予以解决。几乎可以肯定地说，一个大学教师承担一些科研任务是有好处的，即令只是为了使他在他自己的眼中和他的学生们眼中具有一个真正科研工作者的地位。在另一方面，每一个科研人员由于在一定程度上从事教学工作，学会怎样说明自己的成果，学会怎样认识科学的比较普通的方面，也肯定会得到好处。问题在于如何确定教学人员和研究人员之间的正确比例以及如何选择这两种人员，还有如何确定每一种人员用于教学和科研的适当时间分量。照目前情况看来，大学中的教学职位远比研究职位为多，几乎不可避免的结果是：有一些主要兴趣在于科研、而且只要有可能便会去担任科研职位的人员只好担任教学职务。大学教师几乎总是要末忽视了自己的教学，要末忽视了科研工作。他们不少人根本不宜于教学；还有的人感到教学的需要妨碍他们不断地考虑和关心科研工作，而这种关注则是科研工作所必不可少的。在较高级人员中，这种情况更其严重，因为他们除了有教学和科研工作之外，还有行政工作。由于时间紧迫，必然促使人们尽量挑选日常性质的工作做；年复一年内容不变的老一套的讲课要远比新开设的课程便当，于是改变课程或者改变实验室组织方式就变得几乎难以设想了。

捐赠的影响　　大学科研工作特别容易遇到的另一个困难是 106
由于大学接受捐赠而产生的。这些捐赠总是有利也有弊；除了在规模极大的大学里人们可能通过适当的巧妙办法在相当广的范围内分配捐款之外，捐款容易完全不合理地破坏学习课程的平衡。某些系营养过多，另外一些则处于饥馑状态。由于英国的富人比较吝啬，捐款的全部弊病可以最清楚地从美国的情况中看到。然而捐款附有条件决不限于美国。甚至在我国，人们也隐隐约约但

确确实实地感到施主的影响的存在。较老的大学，由于接受老的捐赠基金而这些基金又早已给施主们带来荣誉，因此，情况都很好。除了较老的大学，大学的方针与其说往往受旧施主的操纵，不如说往往受未来的施主的操纵。大学科研的发展既有赖于教授们和系主任们的科研能力，也有赖于他们从当地巨头获得金钱的能力。如果由于某些科研人员的研究活动，一个系可能受到经济损失的话，就连开明的系主任也不敢贸然雇用他们。*在经济学和社会学研究方面，这些考虑尤其起作用。对其他学科来说，科研工作者的挑选和训练方法一般都足以防止这方面的令人不快的情况发生；不过这本身就是对现行制度的严厉批判。

政府办的实验室　政府控制下的科研工作的特殊困难主要是由于官僚主义的方法而产生的。政府机关和陆军的管理方法基本上不适宜于科研工作。科研总是去探索未知的事物，它的价值不是按所费时间衡量的，而是按所想出来和试验出来的新设想的数量衡量的。用记时钟记录上下班钟点的有规则的作息时间，加上每年两星期的假期，并不能帮助人们的独创性思考。**科学家的

---

* 在一所边省大学里，由于大学教职员竭力为救济西班牙的事宜奔走，董事会的一个有钱的董事就不让这个大学在遗赠中得到分文。

** J. G. 克劳瑟在他所著有趣的小册子《科学和生活》(Science and Life)中也提到这一点：

“最有名的政府实验室是国立物理实验室。……它是欧洲设备最好的实验室之一，它的工作也搞得很彻底。虽然它做了不少出色的工作，不过却很难使人相信，实验室的人力与设备都已经得到最充分的利用了。

科研人员按照一定的办公时间来工作，他们也沾染上了英国机关的传统。当局者使他们感到，遵从先例和遵从这个传统的其他特征，要比科学发现更为重要。这种情况的产生是由于人们相信：政府较老的部门所掌管的事务在性质上比科研更为重要。据认为，财政部工作人员的工作习惯是科学发现者的适当学习典范。

为什么要期望科学家们效仿在截然不同的领域中工作的其他人的工作习惯呢？

这是由于政治和财政享有更高地位的缘故。至今人们仍普遍认为，现代世界的政

工作时间极不规律。有时可能连续几个星期，每天都要工作十六或二十四小时；在其他的场合中，耗于实验室的全部时间都白费了。参加联欢会或者去爬山反而会取得最好的效果。在政府实验室中，不但工作的条件很不适宜于科研工作，而且工作本身往往也是带有日常性质的。政府办的实验室当然必须做大量的日常性质工作，不过为了完成这些工作，它们往往对人员不加区别地使用，因而，既使有前途的科研人员的才能得不到发挥，又使其他的人不敢到它们那里去工作。

受政府雇用的科学家在两方面都吃了亏。他不能享受学术界特权，又没有文职官员享受的提升机会，甚至往往得不到文职官员享有的职业保障。较高的职位仅能由拥有行政级别的人来担任，因而不少在政府工作的科学工作者都直接由一些至多略知一点科学知识的人来指导。今后的情况可能更差；高等文官考试已经取消了科学常识这个科目。同时，很大一部分科学工作者都不是固定人员，仅仅担任临时职务，*或者作为进行特殊研究工作的学者 107

治原理和科学并不存在必然的联系。据认为，政治必然包含如何操纵人和政党的事务，科学之重要性仅在于它是达到这种目的的一个工具。这种看法自然是从目前英国社会制度的哲学原理中产生的。

下院六百名议员中没有一名是日常从事科学研究的职业科学家。只有几名理科毕业生。这情况比上院更其反动，因为在上院还有二、三位著名科研人员。这反映出人们认为科学在现代社会中不具有头等重要性。这使许多具有科学才能的人感到科学不如政治来得重要。他们就有从科研工作转入更享有威望的政治工作之势。”（第79—80页）。

* 临时职位往往是一个委婉的说法。这是科学工作者协会最近处理的一桩事：

X先生在1918年被雇用为“临时”助理科学家；过了十年，X先生仍然被算为“临时人员”。约在这时雇用单位订出了一条后来证明可以运用于X先生的新规定。在1930年至1932年经济萧条时期，有人在不同的场合劝告X先生另行高就，虽然他的主任也不时鼓励他，说他已经内定要升级了。X先生终于在1934年被解雇了；而解雇所依据的规定却是在最初雇用他为“临时”助理员十年以后才订出来的。根据这一规定，一个“临时”助理员的任期应在他拿到他（那一级）的最高工资一年后即告终止。X先生的专业能力显然没有问题；人们仅不过是执行了这样一条规定而已。而这条规定是在最初按某一级别雇用X先生以后很久才制订出来的。而且X先生甚至在做了“临时”工作十六年之后，也没有得到提升。——《科学工作者》第9卷，第166页，1937年。

或工作人员而受聘。在这种情况下，除了各种因素之外，还要加上职业无保障的因素，妨碍着人们超出规定的最低限度做更多工作。

难怪在这些条件下，不少优秀的科学工作者不愿为政府工作。几乎所有能取得大学职位的人都宁愿拿比政府所给工资低一些的工资，到大学去工作。

工业中的科研工作

保密　有两个因素严重影响工业科研工作的效果。一个是笼罩着科研工作的普遍的保密气氛，另一个是科研工作者个人缺乏自由。由于任何研究都是秘密的，它当然使所有从事这种科研的人不能同外国和大学里的科学家同行们保持有效联系，甚至往往不能和同一公司其他部门的同行保持有效的联系。保密的程度自然各有不同。某些较大的厂商从事具有一般性和根本性的研究，不保密对它们极为有利。不过，许多有赖于这种研究的生产方法，在取得专利权之前却是以完全秘密的方式来探索的。还有更多的生产方法根本不申请专利，而被当作秘密方法保存起来。这一情况尤其适用于化学工业。因为，偶然的发现在化学工业中比在物理性质或者机械性质的工业中作用要大得多。有时秘密得连研究的性质也不能说出来。例如不少厂商难得从图书馆借阅科技书籍，因为它们不愿意因为借了某一本书而让人家把自己的名字记下来，唯恐其他厂商的代理人会猜出它们可能在进行什么种类的科研。作为另一个例子，我们可以举出科学工作者协会编
108 写的《工业研究实验室》为例。这本书载有各实验室的详情、大约的支出金额、雇用的科研人员人数等等。在编写时，向 450 家进

行科研的厂商发出了通知书。其中只有80家有回信，在这中间仅有35家提供费用的详细数字，12家甚至拒绝说明自己雇用的合格科研人员的人数。一家厂商回答说："我厂实验室人员的姓名是永远不让人家知道的。"(参看附录III(C))

不管这种保密的方法是如何的不道德，只有当保密同进行秘密研究的人们有切身利害关系的时候，这种保密方法才有实际效果。不过在这个问题上，现行制度却害了自己。有关厂商普遍禁止使用工业科研的成果只能使科研人员灰心丧气。如果厂商由于愚蠢或则由于占有稳固的垄断地位，认为使用改进的方法不值得的话，那末研究人员就不值得费力去改进这些方法了，或者事实上，就不值得他在自己本身利益范围之外为企业操心了。科学家很少是一个董事，甚至很少是企业的一个重要股东；他对保密的兴趣通常仅限于保住饭碗和增加一些工资或者从每一项交他做的工作中取得小额的或名义上的奖金。事实上，为了避免树立一个以后不能不遵循的标准，表现出自己在这方面很有能力是有点危险的。在开头一段热心的时期后，一旦科研人员看到自己工作并没有使社会或科学事业得到什么好处，自己也没有得到什么金钱上的好处，他们就不会费很大力气不辞劳苦地推进自己的研究工作。他更有可能牺牲企业的利益，采取一种有效的虚张声势的办法。

缺乏学术自由　工业中的科学家遇到的最大障碍之一便是缺乏学术自由。大多数人员是根据合同来工作的。这些合同几乎完全是为保护厂方利益而制定的，未来的雇员通常总是过于无知或者是过于害怕，而不加以拒绝。在一定期间，一个人的脑力产物被收购了。他的一切发明和设想，即使是在工厂外面研究出来的，也全部归厂方所有。一切专利权，即使能赚到成千上万英镑，

也必须以每项十先令的价格交给厂方。有些合同甚至阻止工作人员在离开本厂两年之内到敌对的工厂，亦即同行业的其他工厂去工作。这实际上就是说：他要长期地受厂方的束缚，而厂方却不受他的束缚。近来出现了更加糟糕的弊病。厂方雇用科研人员的合同明确规定：有关人员的工作应终止于三十岁或四十岁。当他们年纪轻、聪明而且便宜的时候就雇用他们，到时候就把他们解
109 雇掉，使他们没有就业的希望。不用强调说明就可以明白：这决不是让一个科研人员大显才能的办法。企业领导人缺乏科学知识的状况在两方面都起了坏的作用。这使人们不能适当地赏识或奖赏科学家，但又使企业无法了解自己的科研人员整天忙忙碌碌，其实什么事也没有干。到工业实验室参观的大学科研人员往往对那里雇用的科学家的无知感到惊讶(从工厂科学家所处情况看来，这是不足为奇的)而他们对于这种无知状况竟然能瞒过企业领导人，就更为吃惊了。

政府管理的实验室所固有的一切缺点也更其有力地表现在一些工业实验室中。一个大企业科研经费充沛的好处由于相应发展了官僚主义而丧失殆尽。科研人员自己支配时间和假期的自由也同样受到很大的限制，实际上往往使工作受到损失。工业中的科学家每年在大学实验室里工作譬如说三四个月将大有好处，可是很少做到这样，甚至连参加科学会议或科学讲演的机会也受到相当的限制。一家大企业甚至规定：大学专为工业中的科学家举办的学术讲演应在业余时间进行，这样就砍掉了事实上比讲演本身更为重要的讨论时间。还存在着日常性质的工作过多和希望科研工作立即收效的很自然的倾向。

低标准 科学家的管理能力本来就普遍很差，因此，他们更无法指导和控制把他们的研究成果付诸应用的总进程。这往往

使他对工作失去兴趣。这种情况造成的后果是，工业中比较有天才和比较有进取心的科学家往往回到大学去从事科研。即使少拿很多薪金，他们一般还是愿意去大学工作。比较看重金钱的人，担任了次要的经理职务，其余的人只好安于现状，进行日常任务，在工作上不太活跃，也没有什么大的创造精神，其最后结果自然是：工业科学实验室的效率特别低，尤其是从仪器设备费用比较多的角度来看。由于这个缘故，科研对企业的潜在价值是被大大低估了。

鉴于工业科研的工作条件，无怪乎在人们选择职业时，工业中的科技职位处于科研工作中最低的一级，而且往往低于中学科
学教师的职位。虽然也有一些出色的科研人员，为了这样的或那 110
样的原因参加工业工作而且继续留在那里。不过这是例外情况。工业中的科研人员总的说来不能算是比较优秀的科学工作者。这种倾向由于吸收工业科学家的方法而变得更加严重。在大多数情况下，即使在最大的企业中，工业科研人员也主要不是由科学家来挑选，而是由负责所有人事任命的人员来挑选的，因此，外表、遵奉时尚、公立学校学历、文体活动特长，即使不是摆在学识资格之上，也是和学识资格相提并论地一起加以考虑的*。忽视上述最后一个条件，还有一定的理由，那就是，就大部分情况而论，由于大学教育性质的缘故，大学训练出来的学生很少或根本不能担任工业科研任务。因此，招考办法和各种条件合起来就使工业科研工作变得必然是由和颜悦色、彬彬有礼，可能很勤奋，但肯定不很能干，也没有进取心的工作人员来担任(参看边码第388页)。工

* 在主试人同一位研究职位的应考人的谈话结束时，应考者听到这样的问题而吃了一惊："你会投球吗？"考问他的人员看到他吃惊就说道："唔，你明白，我们其实并不需要再聘请一位化学研究人员，不过我们却很需要一个快速投球员。"

业科研的目前状况没有可能轻而易举地加以改变，因为这有其根深蒂固的原因。主要原因在于工业生产本身的性质。我们将在下一章看到：为利润而生产无可避免地使科学的应用走上邪路，而且从而也使科研误入歧路。企业之间的竞争和垄断直接促使大家相互保密并且扼杀基本研究工作。使得工业科研特别没有创造性的一个更为直接的原因是：它是由具有纯商人气质的人来控制的。他们一般对科学一窍不通，把它的成果看作是商品，并且把得出这些成果的人看作是雇用的工人。有理由相信：这方面的情况远比五十年以前更糟糕。特别是大企业，控制权已经从不能不懂得科学的创办人手中转到对科学一知半解或一无所知的继承人手中，而同时由于垄断，科学家们实际上完全没有可能自己设立任何规模的新企业。

对九家电器和化学企业的董事们所作的一份分析，可以说明这种情况发展到什么程度。靠了科学存在的这几家企业都是由具备科学才能的人所创立的，而且控制了我国四分之三以上的工业科研工作。在114名董事中，仅有13名具有科学学历，他们分散于五家企业之中，其中有五个人在同一家企业中。所有这些董事之中只有一个人是科学界中卓有才能的人。在这种环境之中，科学工作者对于上级管理部门采取玩世不恭的态度是可以理解的。董事们不仅不懂科学，而且由于他们所属的阶级的传统或者由于他们所愿意归属的阶级的传统，他们总的来说对科学精神是极为敌视的。*

---

* J.G.克劳瑟在《科学和生活》一书中是这样评论英国人对科学的态度的：

“德国人约在1850年左右开始把受过大学训练的化学家送到英国化学厂工作，以便学习实际生产方法。这些人回到德国后，用他们的提高了的化学知识改进了生产方法，并且设立了化学企业。德国化学工业一开始便由有理论训练的化学家来开设和指导。它在半个世纪中，便在世界化学工业占有重要地位。

科学仪器 111

造成科研工作效率低下的一个重大原因是科研仪器的费用和性质。除了由实验室工场自己制造的少量仪器之外，科研工作者依靠科学仪器工业来供应他们所需要的大部分器材。科学仪器工业是一个依赖科学而存在的工业，虽然它自己也从两个较老的工业，玻璃和陶瓷工业取得供应品。早期的科学仪器制造商要末是专业性质的钟表或眼镜制造商，要末是天性爱好科学的有发明天才的人。他们为了维持生活或独立进行研究工作，不得不去制造仪器。这些人对科学作出了巨大的贡献。发现消色差透镜原理的便是第一个多隆。整个现代天文学、显微镜学和摄影学都是以这个原理为基础的。瓦特在格拉斯哥开设了一家仪器店。他由于替大学修理蒸气机模型，所以才能够制造出现代蒸气机。弗朗霍费和阿贝两人都经营光学玻璃业。

不过，除了光学仪器之外，在本世纪初以前，科学仪器工业

不过英国的化学大亨还可以依靠他们老的垄断企业和积累的利润继续过着阔绰的生活。他们对自己在工业发展上失去主动权并不介意；他们更关心的是在英国有闲阶级中取得一席地位。

已故的弗利茨·哈柏是世界上研究科研和工业之间的关系的最大权威。当人家问他英国工业为什么在大战前没有找出组织这些关系的满意办法来的时候，他把这部分归因于英国上层阶级的社会观点。他说，有成就的英国的企业家和科学家在俱乐部见面时不谈本行业务。因此企业家和科学家很少作为平辈而相识，而且从不知道对方的问题的性质，以及彼此如何可以进行合作。反之，在德国，人们期望企业家谈生意，期望科学家谈科学。这便增进彼此了解和相互敬重。

哈柏所评论的英国社会习惯反映出英国有闲阶级的理想多么有威望。英国企业家或者科学家通常希望首先被人家看作是一个优哉游哉的绅士，然后再被看作是一个伟大的组织家或者发明家。他利用自己的成功所带来的资财来培养有闲阶级的习惯。

虽然第一次世界大战以来英国工业对科学的利用已大有改善，这种阶级观点仍然十分普遍，它不知不觉地对英国科学发展起着深刻影响”(第76—77页)。

规模还比较小，使用手工制造，一般同使用其产品的几个科学家保持密切的联系。但是由于工业界开始进行科研，原来只是科学仪器而现在却变成工业界必需品的各种仪器（例如各种电气测量仪器和电表等）的需求就大大增加。无线电的普及进一步推动了仪器工业。这就意味着原来可以说是极其精巧而复杂的科学仪器现在有了一个巨大的消费市场。结果我们现在就有了一个规模比较大的科学仪器工业，其每年营业额达到六百万镑。这还没有把电器制造公司所生产的数量极为可观的科学仪器和非专业的陶瓷厂所制造的化学器具包括在内。由此可见，这个工业肯定至少有相当于科研收入本身三倍的收入，因此，它已经不再主要依靠科研存在了。

大量生产　在某些方面，这是有益于科学的。由于科学仪器某些部件的需求增多，人们就以大规模生产的方法进行生产，使生产成本大为降低，以致使实验室技术得到真正的改造*。在另一方面，科学仪器行业中过于盛行的某些方针对实验室工作非常不利。科学仪器工厂现在是严格依照商业原则来经营的，因而
112 很容易产生普通商业的弊病。就各厂为工业其他部门制造的仪器来说，标准是高的，虽然价格往往也不低，但是当它们为了供公众消费或者为了供无技术的使用者消费而生产的时候，仪器的很多部件就成为非必需的装饰品，而且价格更贵。最显著的例子是为医生制造的仪器。在这里当然存在着双重的讹诈。制造厂明白：医生不可能断定物品的真正价值，就照成本的四倍或者四倍以上定价，不过他很注意使产品外表堂皇美观，足能使医生的病

*　不过大规模生产并不总是有利的，特别当它使生产丧失灵活性的时候。例如虽然人们可以造出好得多的X射线管，可以仅仅由于这样做就要在工厂实行相当大的变革，这种射线管的设计在过去十年中就一直不加改变。

人得到深刻印象，从而使医生相应提高诊费显得合理。例如拍摄一张X光照片的实际费用，包括经常费用和折旧费，很少超过三先令，可是如果一个病人的花费不到两几尼亚①，那就算幸运了。

高昂的价格　在把比较专业化的仪器直接卖给科学实验室时，就出现了其他的困难。同公众的市场比较起来，这个市场是小的，各厂商不愿为此多花费精力。结果，价格虽然不象卖给容易受骗的公众的仪器那么贵，仍然足以限制销售量并使市场狭窄，这样，就形成了恶性循环。实际上实验室使用的许多仪器都可以大规模生产，并且把价格降低到原来价格的零头，往往降低到十分之一，甚至照样还可能得到同样多的赚头。这一点已经在苏联的新科研仪器工业中做到了(参看边码第227页)，而且也在这里的无线电工业中做到了。老的情况所以能继续下去，主要是由于大家对改变这种情况毫不关心。科学仪器必须是买来的传统已经形成了。没有一所大学有足够远大的目光来投资建立自己的仪器工厂，虽然建立这样的工厂既能向大学各系供应仪器，又能赚不少钱。几乎所有仪器都是由各系用津贴金购买的，而且一般都是照零售价格买的。结果，大学和研究所就这样地向零售商付出了巨额津贴金。要是每一所大学或者每一类研究所都通过一个购买机构以批发价格购进，可以很容易地避免这种情况。也许有人会反对这样做，因为人们也许能以各种方式从中取得不少佣金。但是，从长远看来，这种方针对大学和仪器制造商都会有好处，因为这样就可以购买多得多的仪器。目前的情况是对科学的无计划的发展和科学界鄙视物质的态度的一种惩罚。

仪器制造厂和大学之间通常保持相当密切的联系，可是，厂 113

① 几尼亚是过去英国的金币，相当于21先令。——译者

商赠送仪器的办法无论如何在英国是罕见的，因此实验室一方就不大愿意去协助制造厂改进产品。结果，特别是在理化和生物仪器方面，实际的设计往往落后好几年。

科研工作缺乏协调

各个研究实验室的效率不高和组织不完善决不是科研工作所遇到的最严重的缺陷。更严重的是不同的科学研究所之间和各地科研工作者个人之间普遍缺乏协调。实际上，科学工作的全面组织和各部分之间的联系一直处于原始水平，因而远远不能适应过去五十年中科学活动的巨大发展的需要。科学界大体上仍然把学会保留下来，作为它的唯一组织形式。这些学会虽然对于科学在十七世纪的初期发展很重要，却完全不足以应付今天的科学发展的问题。学会的主要缺点是：它被认为是业余科学家的一个自愿结合的协会，每个会员对自己的活动享有完全的自由。他们是为了相互启发和安排出版刊物以代替私人通信之类某些共同便利事宜才聚会在一起。这种协会一度的确是大大前进了一步，事实上也可以称之为革命性的步骤，这可以从它们一度引起的高昂狂热情绪和猛烈的反对看出来。* 由富裕悠闲的绅士们自愿组成协会的

* 格兰维尔在他对皇家学会的颂词《更上一层楼》（Plus Ultra）中是这样写的：

“这是一个宏伟的规划，由光辉的创始人牢固地加以制定、聪明地加以表达、恰当地加以推荐。他本着崇高的精神着手工作，并且不可比拟地运用机智和决断来加以指导；不过要把这个宏伟规划执行下去，就必须有许多人才和许多人手。这些人组成集体，彼此可以相互交流试验和观察的结果，可以共同工作，共同研究；这样就可以把分散于巨大的自然界的可以改进的和有启发性的现象，收集起来并且放在一个共同的宝库之中。这正是伟大的人物（弗朗西斯·培根）的希望。他还组织了罗马式的实验者学会，不过他也仅能到此为止。在他的时代中这样做的条件还不成熟。

因此，以后的学者也对这些事情加以考虑。他们之中有一些人联合起来为这个宏伟的规划而努力”

办法不再能满足现代科学的组织需要了。一切国家的科学工作者很少不是大学、政府或企业的雇员。他们表面上的自由在很大的程度上是由于他们对自己工作的最后结果无能为力，或者是由于当局者对他们的工作的最后结果一无所知。正如我们已经知道的那样，现有的科学学会不能为科学工作的组织形式提供足够的基础，更谈不上为科研方面的主动性提供基础了；它们几乎变成了纯粹的出版机构和授予荣典的团体了。

非正规的方法　科学事业现有的一点点组织形式几乎都是非正式的。任何领域的科研工作者一般彼此都有私交，假如他们

一个匿名作者写了下述的一篇文章以示强烈抗议：

《更上一层楼》

应贬低为

《到此为止》

亦即

对格兰维尔先生所著《更上一层楼》的某些批评的一个选样。我们从这篇文章中摘下下述的引语，其内容足以同任何反对科学的现代人士的论点媲美。

"我在那本有名著作中见到了这么多无见识的段落，以致对这本著作加以驳斥，似乎成为一件关系到我们国家的体面的事情。我看到具有极大破坏性的段落，以致我不应当保持沉默，如果任何人只要关心目前的王室、新教和每一个人（不单是手工业者）的收入的利益，就有理由执笔写文章的话。我把所写的批评分为若干部分；有些部分把这些有趣的才子描写得的确可笑；其余部分要使他们受到全国的唾弃。我本来认为，在当时没有多少人有耐心阅读冗长的论文；我本来也设想到，如果人们看到各种那类性质的论述为之激动的话，论战就会更加深深地印在他们脑海中，……

还有一篇文章说明了康帕内拉所设想的那个实验派哲学家协会的雏型，还包含了一个方案，同他所设计的使英国和荷兰沦为天主教国家的方案相似（协会的历史家们已照此进行）；还有几个学者所发表的各种实验的选样——这些实验不是伪造的便是剽窃的，可是却被吹嘘成他们自己的发明；以及可以说明这个团体继续存在下去必然会使所有手工业者都陷入危险境地的实例；为了进一步说明这一点，我将在这里添上一项想要在上届议会中提出并修订成法案的提案。它是由P. N. 爵士交给一位可敬的下院议员，然后再由他转交给我的。这位议员在把提案交给我的时候还说：'你可以从中看出他们的目的何在，即：不是要一次垄断某一个行业，而是要一劳永逸地把应该发明出来的一切东西都加以垄断。'提案中建议：此类已向或将向议会提出的涉及机械、手工业或制造的所谓新发明，可以由他们交给无利害关系的有识之士。此等有识之士应能向他们提出忠实报告说明申请制造的物品的新颖、真实、有用等性质，以及它们是否能产生所说的效应，并如实向议会报告。

114 交情好，就可以在彼此之间安排各人打算进行的工作和彼此工作之间的关系。这种制度无疑有其优点。它避免了僵硬的规定和官僚主义的官样文章，不过与此同时它却容易产生十分严重的弊端。它对个人的争权夺利不能加以限制。当然在科学界推动人们假公济私的因素要比在商界和政界为少，但多少还是有一点，因为科学职位的薪金虽然不高，科学家们却几乎象小孩般重视自己的头衔和名气。人们用尽一切阴谋诡计进行激烈的斗争，有的是个人之间的斗争，有的是不同科学部门之间功过是非的斗争。由于科学界现有的经费一向仅能满足极小一部分需要，大家为了争夺现有的一点经费就不断地进行幕后竞争。所有这些交易一般是秘密进行的，因而使竞争更为激烈；一切交易，特别是同富有的施主进行的交道，在可以作为既成事实加以宣布之前，都严加保密。凡是获悉内情的人，都可以用一部分“赃款”来收买。人们为了牺牲其他科学家的利益，从政府部门或者潜在的施主那里获得经费，不知费了几许精力，这些精力如果组织得井井有条的话，就足以形成一种不可抗拒的压力，迫使有关方面拨出充裕的科学经费，使得大家都有钱花。由于缺乏这样的制度，现在除了成功合作的

‘改进自然知识伦敦皇家学会已经形成一个社团；这个学会的由二十一人组成的委员会，根据他们通过宣誓确定的章程，应忠实地处理委托上述委员会处理的一切事务。因而建议，可以把这类事情交给上述委员会处理，再由他们向议会提出报告。’

对这些人有所了解的人，都会明白他们的用心：凡是知道我们各届议会的章程的人都肯定明白，为了使议会知道新发明的真实、有用或者新颖等性质如何，他们用不着在自己同僚之外去寻找各种有识之士；再不然，万一议会在任何时候缺乏此类人才，该委员会就必须提出比他们的历史学家的报告更好的报告，否则也是白白请教他们。基于同一理由，要是他们一旦做到这一点，也就是说，那个鱼龙混杂的团体或者*无利害关系的有识之士们*竟然自称找出了各手工业的弊病；并力图把有发明天才和有学问的人向大学和其他地方一切负责提升事宜的人士推荐，事情可就糟了。不过我也说得过远了，我只想再添一句话：我的确向伦敦的手工业者传达了这个计划的审议情况和宗旨。他们对此事的趋势和后果比我更清楚。”

例子以外，也有工作重复浪费的现象。这种现象完全是由于大家没有事先商量而造成的。

不同学科互不通气　更为重要的是科学界缺乏强烈而自觉的动力。由于最近各门学科的内在关系变得更加密切，这种现象就变得更糟糕了。目前，非正式的合作方法，虽然在一个学科内部取得相当的成就，在各学科之间几乎就完全失灵了。不同学会会员相互之间见面的机会要比同一学会会员少得多。由于专业化程度大大提高，他们即使见面，谈话的话题也可能完全和科学无关。也许有人希望大学对这种情况加以补救，不过实际上，系与系之间的猜忌往往战胜共同的利害关系。一位物理学教授对地球另一端的一个物理实验室的了解，可能远远超过他对隔壁房子里的化学实验室的了解程度。其结果，人们对各个科学领域相互间的关联的认识就大大落后了。例如，二十五年来，化学家一直不能认识：物理学和结晶学的进步不仅使自己有必要修正本学科的基本结构、而且还有必要彻底改变本学科的基本结构（参看边码第253 115
页）。数学家们也没有认识到最近对机体发展的研究向他们所提供了极其肥沃的土壤。

这种现象的后果之一是：科学在最需要科学发展的地带——各门公认的学科之间的中间地带——被卡住了。每一门学科都找到了自己的筹措经费和物色人材的非正式但有效的方法。在学科之外和学科之间，这种财力和人力方面的便利条件只能慢慢地创造；而不具备这些便利条件，即使有了科学发现，也无法乘胜追击。人们通常都认识不到缺乏这种物质资源会对科学发展的进度产生什么影响。仪器和助理人员的确不能产生科学，不过假如没有他们，科学就会象一只饥饿的幼小动物一样发育不良（参看边码第100页）。真正的悲剧是：凡是在一个没有得到公认的领域中进行

研究的才思敏捷的人，在他们还没有经过多年工作取得一定成果，引起足够注意的时候，总是缺乏必要的物质条件；只有在他们取得成就以后，也就是在他们的创造力已经衰退的时候，才让他们有机会发挥自己的才能。的确，具有充分创造才能和充分决心的人即令在最差的物质条件下也能作出优异成绩。法拉第和巴斯德那样的伟大科学家，已经无可争辩地证明了这一点。不过即使如此，往往还是使科学进展推迟好几年，而且每有一个人取得了这样的成就，就有几十个有前途的科学新兵丧失信心，从他们所从事的科研工作中退出来。

各学科之间缺乏联系也有力地耽误了各学科内部的技术发展。明智地和有组织地采用物理学的新技术可以使所有的化学分析和合成过程都大大缩短。在正常的发展进程中，这种改进可能需要十至五十年，可是到那时，这些新技术在物理学中可能已经过时了。这就意味着：现在花在化学研究上的很大一部分时间和金钱完全是浪费——工作人员正在用几星期的时间来从事只需要几天就可以完成的工作。

老人统治　　如果有人批评科学工作组织不善，人们总是可以提出一个中肯的意见来反驳：在科研管理部门中担任高级职位的、有确定无疑的科学成就的人们的性格可以保证科学工作的效率。在一切行业中，由年迈的人掌权的得失都是一个值得争论的问题。一方面，我们可以把老年人富有经验和比较无私的优点考虑进去。这种优点保证原来传统能继续下去而且能避免鲁莽的方针和过分的自我宣扬。另一方面，我们也可以把老年人因循守旧、不能抓住机会、和当代世界脱节的缺点考虑进去。不过，科学本身的存在有赖于发现新事物和创造新的结合方式，而且在科学工作中，主动性比经验更重要。因此，在科学领域中，老年人

的缺陷比在别的领域中更显突出。特别是在过去五十年中，基本 116
概念有了这么迅速的发展，以致大部分年龄较大的科学家都无法理解自己的学科，更不用说发展自己的学科了。可是科学事业的原来全部组织形式几乎原封不动，而且重要的经费管理权是操在老一辈的手中的*。的确，在不少情况下，他们是有提拔青年有为的人的眼光的，不过恩宠和门户制度总是容易产生流弊**，而且这无论如何和科学的性质不相宜。实际科研工作中的同事要比任何前辈科学家组成的委员会更能判断青年科学工作者的才能，不管这些老人的声望是多么高。还有一个反对老人统治的理由：在现有条件下，一个人往往是牺牲开阔的视野和普通文化知识在科学上取得盛名的。官方科学机构所以在更广阔的问题——科学的社会责任问题——上缺乏理解力和主动性，应该部分地归咎于此。

科学工作必须组织起来吗？　有人从完全相反的角度反对改组科学事业的组织形式，也正是由于他们看到老一辈科学家们统治的危险性。科学工作目前的无政府状态为逃避特别讨厌的控制提供了许多机会。如果有人反对某一个委员会的方针，就可以由另一个人主持成立另一个委员会去进行同一的工作。有人认为：把科学工作组织起来就会杜绝这些可能性，而且由于有可能把独断统治的原则带到新组织中来或许还会比以往更有效地阻碍

* 例如在英国科学界的最重要机构之一，科学和工业研究部咨询委员会中，成员的平均年龄为64岁，没有一个人小于55岁。

** 在科学史上不乏这类事例。例如，皇家学会委员会在它存在的大部分历史中，对和颜悦色的平庸之辈显得比对有才华的人更有好感；他们对待普里斯特利和焦耳的态度就是很好的例子。伟大的科学家也难免有人类常有的缺点。戴维对法拉第的嫉妒就是一个证明。要是按他们对待青年一辈的态度来对他们进行裁判的话，只有象巴斯德和卢瑟福那样最伟大的人才能不受裁判。

科学事业中非正统派的发展。不过这与其说是反对把科学组织起来，不如说是反对现有组织形式的弊端。任何新的科学事业组织形式，假如既要生气勃勃又要有成效，就必须具有民主原则，因为这个原则能保证各种资历的科学工作者都能充分地参加负责的管理工作。

科学工作需要进一步加以组织的观点自然要受到许多科学家的猛烈反对。主张维持现状的人们用科学家享受的传统自由来为自己的主张辩护。所谓传统的自由就是指，每一个人都可以自行决定需要去发现什么，去判断为了有所发现采用什么方法最好，而且还能够取得研究手段并有从事研究的时间。不过在科学工作的目前状况下，这些条件已经不复存在了。即使存在着这种条件，取得别的科学工作者的合作并且认识到自己正在参加一项相互配合的努力，也一定会有助于任何个人的工作。怎样才能够做到这一点将见于以后各章。

科学出版物

117 随着科学的发展，科学所根据的事实和根据这些事实建立法则和理论的方法，都越来越不依靠科学工作者对大自然的直接观察，而是越来越依靠别的科学工作者先前的观察和他们的解释方法。科学仪器本身仿佛就是先前建立的理论的物质化身。因此，极端重要的一件事就是要使科学家在他的工作的每一阶段，都能够迅速地方便地接触到一切有关的最新科学成就。这是随着科学本身的发展而成长的科学出版体系的任务。目前它是一个庞大而紊乱的体系。现在全世界的各种科学期刊不下33,000种，也许实际上还不止于此，因为这个数字是由最后一期《世界科学期刊一

览表》(1934年版)提供的。除此之外，还有无数的书籍、小册子和论文。这些期刊都满足了，或者想要满足一个特定国家的特定领域对科学情报的需要。某些刊物，诸如各科学院主办的期刊，涉及一切学科并且在全世界发行，其余的则是某些高度专业化的单独的研究所的刊物。要在其本国范围以外获得这类刊物，需要花九牛二虎之力。

科学刊物数量早已变得如此庞大，以致人们都认识到，科学工作者只能阅读涉及某一学科的一小部分论文，而这个学科本身又只是科学的极小的一部分。不过他怎样才能保证自己阅读的论文就是对自己的工作最有用处的论文呢？他怎样才能保证自己并没有在事实上重复别人已经做过的工作呢？为此，近年来出现了篇幅庞大的摘要汇编，把每篇科技论文的内容缩短成几行字。尽管人们力求做到合理化，摘录工作中仍然存在大量的重复和遗漏现象，而且摘要汇编本身篇幅也达到臃肿的程度。例如，每年出版的《美国化学摘要》包括三册，每册为二千页，还要加上多达一千页的索引。这种情况在不断迅速恶化；《生物学摘要》所收集的条目从1927年的14,506条增加到1934年的21,531条。

出版物的湮没　其结果，不愿意把大部分时间用于阅读的普通科学工作者就无法跟上自己的研究领域的进展，而且任何人也无法了解整个科学的进展，哪怕是最笼统地了解一下。与此同
时，大量优秀科学著作可能永远湮没无闻，因为在它发表的时候 118
没有人加以赏识，以后大家忙于应付新的出版物，就再没有时间去翻阅过去的档案来把它发掘出来。这些困难有一部分是科学的巨大发展所造成的无可避免的结果，不过在更大的程度上是由于科学家们没有对怎样传达自己的研究成果加以考虑。科学出版物的庞大数量本身就足以迷惑人。科学出版物的价值是不相等的；

其中大部分，可能多达四分之三，根本不值得出版，其所以能出版是由于与科研事业的真正利益完全无关的经济考虑。科学工作者的地位过于依赖他所发表的科学论文的数量，而不是依赖其质量。刊出的论文往往是不成熟的，而且是为了抢在别人前面才发表的。这本身就是科学界内部存在不必要的生存斗争的标志。

科学刊物数量是太多了。每一种刊物在开办之时都有一定的raison d'être（具体理由）。人们创办它是为了要从不同于正统观点的新观点来表达某种新学科的成果，可是随着时间的推移，这些差别消失了，但刊物却继续存在下去。为了局部的爱国主义和个人荣誉，科学事业作出巨大牺牲。因此，这些刊物的发行量都很少，而且除了最重要的大学和学会的图书馆之外，并没有什么图书馆收集其中多数刊物，因而，它们大多也达不到自己的目的。

出版费用　大量出版物的费用负担本身是科学研究的一大障碍。除了政府的某些津贴之外，科学刊物出版费用是由科学家自己支付的。极少刊物是盈利的，而其中大多是技术性刊物。大多数是由学会来主持的。因而学会经费枯竭，很少能够花钱去进行科研。期刊和书籍费用和对学会的捐款一般不作为实验室费用来报销，因此科学家的真正薪金收入总要比他名义上的工资少百分之五到百分之十。此外，由于大家都知道在目前条件下，并不是所有有兴趣的人都有可能看到某一作品，于是就产生了由每个科学家把多达二百份的复印本送给自己挑选的对象的办法。为此，他当然要付出额外的、而且往往是相当可观的费用。赠送复印本
119 的做法本身是一个有希望的迹象，象下一章所说的那样，有可能为更好的交流制度指出一条途径，可是在目前，它既无效果又费钱，因为对于任何一篇论文，并不存在供求关系。特别是，被认

为重要的论文的复印本一般经过短短一年之后就无法找到了。

从以上所说的应该可以看出：目前的科学出版制度既浪费时间又浪费金钱，而且是不断使科学家自己烦恼的原因。人们的确正不断作出努力来改进它。一个报道不同科学领域的进展的制度正在逐渐扩大。摘要期刊的数目减少了，而且摘要的分类也改进了，不过这些改进还赶不上新期刊的增加和没有人阅读的论文的积累速度。我们需要对科学交流的整个制度进行一次更加彻底的改组。这方面的某些建议见于下一章中。

个人交流和旅行　科学出版工作的混乱状态并不是科学工作者之间缺乏充分交流的唯一表现。在科学工作中有许多东西即使可以发表在出版物上，也不是很容易做到的。在一切实验科学中，取得数据的技术几乎同数据本身同等重要。与此相仿但更加微妙的是，与普通科学方法有别的某些学科的心理技术，对于科学的进步也极为重要。尽管人们可以制定出最好的出版制度，手工技术和心理技术一般最好是通过直接体验来传授。这至今仍然是正确的。实际上，这便是过去传授这些技术的主要方法。一项新技术或甚至一门新科学主要是通过外国学者到发源地去访问和建立分支学派来传播的。从分支学派可以继续进行个人传授。不过虽然现在有了这种办法，却还不够普遍。旅行和在国外实验室工作的便利条件是存在的，但十分不足。除了少数幸运儿能出国访问或者和国外交换奖学金之外，出国费用使大家裹足不前。最需要出国的人偏偏最难出国。他们干了三四年研究工作，还不能取得可以使他们有足够的钱到国外去旅行或居住的地位。结果，技术传布得比必需的速度慢得多，而且事实上很少能在淘汰之前传到整个科学界。在参观各实验室时，往往同时看到使用了多年的出乎意料之外的新技术和继续使用了同样长久的过时技术。以过

120 时的方法来进行工作往往可能浪费掉多年的精力。不过除非能在科学工作者之间有效地组织起更加迅速更加直接的个人交流办法，这种浪费是不可避免的。

效率不高的组织形式的后果

极难估计我们刚才所谈的组织上的低下效率对科学进步造成多大损害。但是，毫无疑问，它在目前确是阻碍科学进步的主要因素之一。如以数字表示，平均效率不会多于百分之五十，可能少到百分之十。这就是说：照目前情况来看，科学经费和科学家的精力约有百分之五十到九十是浪费掉了。这并不就是说，假如把这些造成低下效率的原因消除掉，科学的进展就会快一至九倍，因为在目前经费和人员补充有限的条件下，科学进展速度一旦大大提高就会同这些限制因素发生矛盾。科学在上一世纪的迅速发展本身就是造成它目前的困难的部分原因。科学家仍然把注意力过分集中在眼前的手头工作上，以至忽略了自己工作的组织形式慢慢变得越来越复杂了，事实上除非这些困难妨碍眼前工作，困难大多被忽视了。

科学成就本身足以使公众看不到、甚至使科学家自己也看不到在取得这些成就时所浪费的精力。科学家孜孜不倦地工作，科学有了进展，应用和发明也接踵而来。这些都是看得见的；人们所看不到的是：进展的速度本来可以比目前快得多，而且要保持这一速度本来用不了那么多的时间和人才。从外界估量科学成就时，有三件事值得记住。第一，由于科学为科学工作者带来固有乐趣，由于科学的与世无争的外表，它的确仍然吸引着每一代人中很大一部分最有才华的人。第二，科学工作是容易的，比任何

门外汉所能设想的容易得多。一旦人们学会了它的语言，除了某些关键性的棘手的地方外，进展几乎是垂手可得的。对于大部分科研工作来说，只需要有起码的灵活手脚、勤奋和诚实就行了。可能的发现的丰硕成果足以抵消妨碍实际工作的低下效率而有余。总的来说，科学是阿拉丁的洞穴①。要什么，就有什么。第
三，人们很自然地要把今天科学工作的效率同其他人类活动的效 121*
率加以比较。比较之下，科学工作的成绩并不太差，因为就总的方向来说，大体上，科学界没有经济生活和政治生活中常有的更大弊病。这些更大的弊病就是投机、有意识的限制、欺诈和贪污等——既得利益在一个腐朽制度下所造成的极其有害的影响的全部标志。在另一方面，科学工作的低下效率只不过集中地具体地反映了现行经济制度的低下效率而已，科学就是在这个经济制度下才发展到目前的状态的。不过，在商业界和实业界，存在着要求实行有效管理的直接经济原因。管理企业的有效方法，即便要求在机器和人员方面多花些钱，还是合算的，因为在其他费用上节省下来的钱更多。虽然科学在一个工业文明社会中是利润的最终来源，它本身却并不创造利润。从商业观点来看，搞科学是不合算的；因此，让学识渊博的科学家的岁月浪费在琐碎或不必要的工作上面并不显得是一种损失，而防止这种浪费的开支反而成了浪费。科学的进步或者它对人类可能作出的贡献，对商业界来说是事不关已的。鉴于科学在社会上和经济上得不到重视，值得惊奇的也许并不是科研工作效率低下，而倒是它搞得如此有成效而出色。

---

① 阿拉丁是阿拉伯古典文学作品《一千零一夜》中的人物。他发现了一个洞穴，其中有数不尽的珍宝。——译者

* 原书122—125为注释，中译本已改排为脚注，页码从略。——编者

科学处于危机中 人们也许要问，在一个糟糕的世界中，科学的遭遇也同大多数事物一样，那么为什么我们希望对它另眼看待呢？其理由是：科学是人类社会的独一无二的产物。它要求，而且理所当然地要求特殊的照顾。不但人们征服贫穷和疾病有赖于科学的不断进展，而且一切深刻变革人类社会的手段也都依赖科学的不断进展。科学毕竟还是一个脆弱的过程；我们不知道它究竟能够经受得起多少限制和低下效率。我们已经在历史上不止一次地看到科学的昌盛和衰亡。这种情况还可能再发生。不论科学事业或者社会都决不能够冒这种风险。

第六章　科学的应用 126

要叙述科学的应用及决定这种应用的性质和范围的因素肯定是特别困难的。事实上，人们都认为把科学加以应用是理所当然的事，以致人们从来没有认真地去考察科学是怎样被应用的。大多数科学家和门外汉都满足于官方的一个神话：纯自然科学家们工作成果中对人类有用的那一部分，马上就被有进取心的发明家和实业家所采用，并以最廉价和最便利的方式交给公众使用。任何人只要认真了解一下科学和工业过去或现在的状况，都会知道：这个神话的全部内容都是虚假的，不过究竟真实情况如何，却是比较不容易查明的。

科学和技术之间的交互作用　　科学发展与具体技术发展之间总是存在着密切的交互作用。它们相依为命，互不可缺，因为要是科学不发展，技术就会老化，变成传统的工艺，要是没有技术的刺激作用，科学就会再度变成单纯卖弄学问了。不过，这并不等于说，这种结合是自觉的或有效的；事实上，过去把科学应用到实际生活中去总是遇到极大的困难，即使在现在，当它的价值逐渐开始被人认识的时候，人们还是以极其偶然和无效的方式进行这项工作。斯坦普勋爵决不是目前情况的严厉批评家。他把这个过程刻画如下：

“所有这些发现、这些足月诞生出来并且被遗弃在社会门阶上的科学婴儿都被收留进来，并且以不同方式受到抚养，但是这样做既不是根据任何已知的原则，也不是根据任何祖传

指南。经济学家通常也不承认自己有责任研究这个方面，不承认有责任指出用什么样的一系列标准可以检验它们对社会的价值，可以检验采用新发明的方法，可以检验采用新发明的最宜速度的调节情况。这些发明通常仅仅是在利润和消费者的需求的推动下，在自由竞争的条件下'偶然问世'的，丝毫也不顾及新需求同旧需求相比有多大价值，也不顾及生产变动情况和就业变动情况以及其社会后果。在这些发明问世以后，经济学家理所当然地要加以研究，不过经济学家并没有武断地说明，由于这些发明可能引起社会动乱或者非经济性价值标准的贬低，是不是应当根本不让它们完全以那种方式问世。"——《社会调整的科学》第13页。

127 科学同技术活动和经济活动发展的关系既复杂又多变。科学是人类有理性的、明确的和积累起来的经验，因此要比传统性的、含蓄的、但也是积累起来的工匠技艺产生得晚一些。情况不可能不是这样：人类的理解必须从简单发展到复杂。人类必须先满足自己的基本需要才能开始理解，可是人的基本需要却处于最复杂的水平上。人类最初的实际技术进步是属于生物化学领域的食物烹调，和属于动物心理学领域的狩猎，最后还有对禽兽的驯养。当时，要从科学上理解人类自己的所作所为是根本不可能的。实际上，甚至到今天，原始的巫术在这个领域的很大一部分区域中，仍然和科学一样，可以对各种现象提供立即有用的解释。

另一方面，可以从理性上加以理解的东西必须是简单的；但是除非它也是有用的，否则就不值得去理解。因而只有在文明的城市生活的较晚阶段，数学、力学和天文学等最简单的学科才开始出现，而当时人类生活的主要技术却已经确立起来了。烹调、畜牧、农业、陶瓷、纺织和金属工艺已经处于和十八世纪初期一

样的发展阶段了。在新的西方文明社会中，在大规模的机械技术不论平时和战时在经济上都变得很重要以前，同它在巫术上的使用价值相比，科学并没有显得有实用上的使用价值，除了航海和炮术这两种仅仅牵涉力学和光学的技术之外，到十八世纪末叶为止，工业向科学提供的知识，远比科学向工业提供的为多。*十八

---

* 在十七世纪人们对此视为当然，以致那时的科学家断言，以后科学可以为工业所利用。波义耳就写了一篇题为《自然科学家对各行业的探索可以增加人类财富》的论文。我们从其中摘录了如下的一段话：

"……最后，我愿意向大家说，我希望，象你们所深信的那样，实验哲学对各行业进行研究，不但可以使它本身进步，而且也能使各业进步；所以实验哲学对各行业所能起的良好作用，决不是自然科学家利用实验哲学来扩大人类主宰的领域的一个最不足道的方式。因为各种行业的正确管理显然事关公众利益，这一点表现在现在仍然有效的英国许多有关制革、制砖和各种其他机械行业的成文法规中。在这些成文法规中，法律制订者不惜作出十分具体的规定和指示。"

"如果我有时间的话，我还可以再指出某些理由，说明我为什么仍然希望，到时候，在自然科学家的帮助下，农夫可以在本职之外兼有治疗学家的身份，不仅用治疗方法提高土地的家畜产量和蔬菜产量；而且还能治疗土壤本身的疾病（就治疗这个术语的广义而言）。因为假如哲学家的智慧发现了各种土壤的一般瘦瘠原因，以及土壤不利于某些动植物生长的原因，就没有理由说为什么不能通过科学原理的合理应用和适当治疗方法把许多这类缺陷消除掉；这同消除我们所看到的许多其他无生命物体——紧密坚固的金属也不例外——的缺陷的情况是一样的。

"自然科学家可以依靠各行业来增加人类的力量和财富，不仅可以改进已经发现的行业，而且还可以引进新的行业，其中，一部分是完全新发明的，一部分是当地所不知道而由科学家介绍进来的。因为如果以为自然的富源和人类的勤奋都枯竭了，那会给自然和人类都带来不利后果。要是科学家孜孜不息地进行发掘的话，就能够依靠自然的富源和人类的勤奋为工匠提供新的职业。在这里，我认为，在不少情况下，一门行业所以不同于实验，不在于事情的性质，而在于它有幸能受到人类的利用，或者变成一批工匠谋取利润的业务；对于实验本身说来，这是外在的、偶然发生的事。举一个例来说，把硝石、硫磺和焦炭加在一起制成的火药，当它还没有走出僧侣（据说火药是他们发明的）的实验室的时候，只不过是一种实验，可是等到人们注意到它有一个伟大（而不幸的）用途，因而工匠们决定把它作为自己的行业，并加以改进和利用的时候，这个实验就产生了许多行业；例如，火药制造、大炮铸工、（大炮和臼炮的）炮手，枪炮匠；这包括好几种工匠，例如毛瑟枪、小手枪、一般枪管、螺旋枪管的制造者，以及不再在这里一一列举的其他各种行业。

磁针朝向两极的性能的发现，促成了制造所谓航海罗盘的手艺的诞生。在伦敦这门手艺发展成一个特殊而独立的行业。为此还可以举出其他不同的事例；特别是当机械工具和装置同大自然作用的发现配合起来的时候。所以往往有极少数的数学思想或者物理学观察在仪器发明的推动下，和手工艺者的手艺结合在一起发展为我们看到的行业。如某些光的折射理论被机械匠掌握后，世上就有了制造眼镜和制造优良器械望远镜及显微镜的行业"。

世纪末叶是一个转折点。不久以后，化学的发展就开始影响染匠和冶金工匠的比较老的传统生产方法。化学是其次最容易理解的自然机制。只是到本世纪才有力地再迈出了关键性的一步，开始通过生物化学和遗传学来理解有生命的机体，并且开始影响厨师和农民的更为古老的传统方法。

科学对工业的渗透 这段简单的历史描述可能足以表明科学与技术之间的关系的总趋势，不过要对此有更为深刻的理解，就需要对当代科学研究和技术之间交互作用的机制进行分析。这个过程必然受生产的社会条件、特别是经济条件的支配。目前除
128 了苏联以外，到处都是为了私人利润进行生产，科学是不是能得到利用主要取决于科学对利润的贡献。总的来说，科学是在有利可图的情况下，而且只有在这种情况下，才能得到应用。

把科学应用于工业是一个渐进的过程，虽然这是通过一些几乎无法区分的阶段来进行的。科学可以说是按照科学活动的繁简程度逐渐渗透到工业中去的。旧式的传统工业，只要是一家一户小规模经营的，没有科学也可以搞得很好，不过即使在这里，也可以采用家用量尺或炉温表等测量仪器，而在某种程度上用到科学。可是只有当人们由于经济发展的结果尝试在大得多的规模上进行同样的生产过程的时候，科学才显得是必不可少的。例如在早年，烘烤和酿造是利用传统方法进行生产的单纯家庭工业，其经营成败部分地取决于经过考验的传统方法的功效、部分地取决于各个主妇个人的技巧。但是在较大规模上应用时，传统方法就没有多大用处了，个人就不可能象以前那样熟练地控制生产过程了。于是科学就以它的最基本的形态——测量和标准化——参加进来。旧的生产方法没有改变，可是却采用了各种仪器——温度计、流速计、量糖计——以保证新生产过程在必要的范围内尽量

遵照旧的生产过程的路子进行。

由于改变生产规模有困难，或者由于人们希望使用比较便宜的原料或缩短加工时间来节省金钱，改变生产方法就显得有利可图。这时就出现了下一阶段。人们可以根据各人的口味把这种改变称之为改良，也可以称之为偷工减料，不过不管是改良还是偷工减料都提出了传统方法本身无法满足的要求。有必要进行某种实验工作。凭经验进行大规模试验可能要花很多钱，甚至有可能使人倾家荡产。但是小规模试验却基本上是实验室式的实验。事实上，科学实验的整个观念都来源于试验。正如阿格里科拉指出的那样，这种试验不过是小规模进行的冶炼过程而已。要改进一个生产方法，就有必要在某种程度上从科学角度来理解它。这就是冶金工业在上世纪进入的阶段，而且它现在才刚刚脱离这个阶段。这也是老的生物化学工业现在才开始进入的阶段。这个阶段的存在就说明存在着一个相当复杂的工业实验室网和一个完整的经验科学体系。

在改进了工业生产过程以后，下一步显然就是要对这种过程完全加以控制，不过只有当充分了解了生产过程的性质的时候才
能做到这一点。这又意味着要有一个真正胜任的科学理论，十九 129
世纪的最伟大进步之一就是为化学提供了这样一个理论，使化学工业能够不再象冶金工业过去和现在那样，依靠尝试性的和浪费很大的实验向前发展，而是遵照明确的推理方法向前发展。推理过程实际上决不是那么简单的。理论往往证明不能胜任，实践有时会跑在前面，需要理论迎头赶上它。科学和技术就是这样地相互促进。例如，虽然蒸汽机的发明主要渊源于早在十七世纪就已经确立的液体可以蒸发膨胀的理论，但是蒸汽机的实际运转却带来那个理论没有想象到的结果，尤其说明了先前的一些关于热的性质

的科学观念是很不够的。一旦克服了这个缺陷，就使蒸汽机得到进一步的改进并促使人们发明了别的热力机。

但是只有当人们对生产过程的基本性质有了十分广泛的知识，以致有可能发明前所未有的崭新生产过程、亦即利用传统方法所无法设想的生产过程的时候（例如，新染料和特种药品的化学合成就是这样），工业和科学才能够最彻底地结合起来。当人们从纯科学角度发现的一个效应可以应用于某种工业用途——如电报或电灯——的时候，就会更直接地产生同样结果。在这种情况下，我们就有了一个彻底科学化的工业，一个完全靠了科学创始和发展的工业。用于电力生产和供应的电器器材工业和用于改善通讯的电器器材工业是当代这方面的最主要的例子。

把科学应用于工业的这几种不同的程度当然并不是固定不变的。随着科学和工业一起进步，工业中的科学成分的比重会逐渐增加而工业中的传统成分的比重会逐渐减少。不过不同工业的发展速度必然是十分不均衡的。这不仅取决于对有关的生产方法进行科学描述的内在困难，例如在烹调和家畜驯养方面，而且主要取决于这些传统工业的相对落后的经济状况。在这个问题上，主要考虑仍然是经济性质的考虑。直到现在，把生产——因而也就是科学研究——集中于重工业和可以在工厂中大量制造的商品的生产上仍然是比较方便的。生产者节约经营费用的需要支配了消
130 费者的需要。假如把花在研究和改进机器制造上的时间和金钱用来研究和改进生活资料的生产、特别是食品和医药卫生用品的生产，我们就早已取得极大的进展了，不仅会过着更富裕的生活，而且会对生物学的问题有了深刻得多的认识。

科学应用过程中的时间差距 在科学原理第一次发现和第一次加以实际利用之间过去有，至今仍然有巨大的时间间距。这

是科学的实际应用过程的最值得注意的特点之一。在科学发展的初期阶段，这种差距可以看做是不可避免的。因此，对于第一次发现真空现象和把它应用于大气蒸汽机之间几乎一百年的时间差距，我们就没有必要感到惊讶了。可是即在人们已经充分认识到科学的功用的时候，这种差距仍然继续存在。法拉第在1831年就发现了电磁感应的原理，而且制成了第一部发电机，利用机械力来产生电流。但是直到五十年后，第一部商用发电机才开始运转，而且直到1881年，爱迪生才建成了第一所公用供电站。这种情况至今依然存在。例如，冯·劳厄在1912年第一次揭示的以X射线分析物质的可能性，大体上还没有应用于工业。要了解造成这个差距的原因是一个包括科学、技术和经济因素在内的十分困难的问题。在不同情况下，解释也会大不相同，因为这种差距并不是一律的。有时，甚至在很久以前，一种发现或发明几乎马上就得到采用而且迅速得到推广，火药和印刷术便是这样。*

造成这种差距的科学上和技术上的原因可以迅速地消除掉。

---

* S. C. 吉尔菲兰在一篇讨论“发明的预测”的极其有趣的文章中，对一件东西从发明到应用的平均时间间距作了估计。这篇文章见于美国政府关于《技术发展趋势》的报告书中：

“就拿1888—1913年之间采用的被公认为最有用的19项发明来说，平均差距为：从初次仅仅想到这项发明经过176年才制出第一个能工作的模型或取得专利，再经过24年才能第一次实际加以应用；再经14年才能够成功地投入商用；再经12年才用于重要用途，亦即，从首次对发明认真进行研究到普遍使用一共要花五十年时间。在《最近社会趋势》中，对1930年以前最后一代的最重要发明所作的研究说明，从相当于上述第二个日期的‘设想日期’到成功地用于商业的日期，平均时间间隔为33年。我们在找寻例外情况时，几乎无法找到这样的例子：即从人们开始对一件发明或者某种完全相同的代用品进行研究以来，它在不到10年的时间里就变得很重要了，在20年的时间中就变得很重要的也寥寥无几。这就为我们目前这项研究提供了一条很好的预测规律——仅仅对已经诞生的发明进行预测就行了。这些发明具体实现的可能性已经得到证明，不过这些发明通常还没有变成实用的东西，人们一般也没有认识到它们在将来的重要性”（第19页）。

我们甚至可以消除第一个原因，办法也就是把人们不仅观察到新
现象，而且把它作为当代科学知识的一部分加以接受的那一时刻
算作发现新现象的最早时刻。例如，我们一般都不认为X射线和
无线电是在人们首次注意到了这些现象的十八世纪发现的，而认
为它们是在一个世纪以后它们已经在科学界取得确定地位的时候
发现的。技术上的困难则更为严重。把实验室的发现加以实际应
用需要扩大规模和耗费更大力气，而且只有当人们能够找到改变
规模所需要的不同性质的材料时，才能有效地进行这种转变。因
此，实际工作原理比真空蒸汽机更为简单的高压蒸汽机不得不等
了一百年才制造出来，因为可用的金属经受不起必要的压力。可
131 是技术因素并不经常是一个限制因素。在很大程度上，技术性困
难可以通过耗费金钱和时间、或者更准确地说单单通过耗费金钱
来加以克服，因为时间也就是金钱。我们正是在经济因素中才能
找到迟迟不采用科学成果的原因以及造成科学的实际应用的一般
性质的原因。

伯恩哈特·J. 斯特恩把这方面的情况归纳如下：

“各种文化因素中最有力的显然是经济因素：为了对敌对阶级、对同一行业中的竞争者、对有关领域里争夺同一市场的对手们维持经济优势和霸权而作出的努力；引进新方法或新产品的费用（新方法或新产品的早期形态往往是粗糙的和没有标准化的，但仍然是用来解决手头具体问题的革新项目之一）；由于有了新发明而变得过时的机器和产品的贬值所带来的损失；大规模法人企业的臃肿机构和僵硬作风（不敢限制生产以免扰乱有利可图的市场）；小规模企业进行必要基本投资的种种困难；资本主义危机的灾难性影响；在利润制度范围内，劳动者为了防止自己由于技术发展而失业、由于丧失技

能、由于劳动强度加强和工资降低而成为牺牲品所作出的努力。还有一些政治因素，其本身就有自己的作用规律，可以用来妨碍技术改革，例如民族主义的限制作用；有毛病的专利法以及支持压制技术革新的法院判例；颁发"永久性"特许状的制度，垄断工业集团为了本身的利益控制立法，反对危及他们的权益的有益革新的力量。"——《技术发展趋势和国家政策》，第59—60页。*

科学的有利可图性

必须记住，自觉地把科学直接应用于造福人类的思想是一个比较新的现象，即使到现在，除了苏联和少数慈善组织之外，也没有人尝试这样做。相反地过去和现在都一贯地把科学当作追求利润的工农业生产中一个可变因素而加以利用。人们是依照科学对提高产品价值和降低成本的贡献而看待科学并付给它报酬的。我们已经提及的基本困难是：科学研究带来的新发明的有利可图性，一般说来是可疑的而且迟迟不能实现。在刚有了科学发现的时候，人们还不可能看出，或者说具有商业头脑的人还不可能看出，它是不是有利可图。要加以采用就有一定的危险性，新发现在表面上和实际商用生产方法距离越大，危险性就越大，在商业基础上 132
发展新发明的有利可图性就越小。当然，这个危险具有双重的性质：第一，新发现的或者新发明的方法可能行不通，第二，即使行得通，尽管有专利条例(参看边码第144页)，它也可能很容易被

* 为了深入研究技术进展所受的经济限制，可参看斯特恩在《科学和社会》(Science and Society)一书中的文章(美国版)第二卷，第3页。

别人剽窃，那样，利润就会落入投资于新生产方法的人以外的他人之手。

筹措科研经费的困难 由于这个缘故，就出现了一个矛盾的局面：把科研成果加以应用虽然能比任何其他形式的投资取得更多的利润，但在筹措科研经费时却总是困难重重，有时则是完全不可能的。由于我们说过有组织的科研工作所带来的利润有时高达每年百分之八百（参看边码第64页及附录V），要是我们不记得这种利润在商业中毫无用处的话，这种矛盾局面就变得绝对难以置信了。即使如此，为了这样的好处，这个险还是值得冒一冒的，但却没有谁理会这一点。实际上，一项新发明的采用很可能变成一种投机性质的长期投资，资本市场根本不是为了替这种投资筹措资金而设立的。事实上，资本市场不但无助于技术进步；反而越来越倾向于变成一个阻碍技术进步的因素。我从H. O. 迪金森先生得到的下面一份分析资料说明了其原因：

> “投资组织（银行股票发行公司、证券交易所等）总是抱着一种纯商业观点，习惯于一套陈规陋习。它并不能十分有效地为同商业有所不同的工业的种种需要服务：这可以从人们不断的怨言中看出。有人说，并不存在为长期和中期工业发展——在工业说来，就是指应用已知的生产方法——（参看麦克米伦报告书）——提供资金的有效机构；有人说：其结果，厂商如果规模和范围不够大、或者产品品种不够多，以致无法从利润中提成来扩大本身生产的话，就无法找到必要的资金。这a fortior（更加深刻地）适用于科研工作。资本市场同航海贸易和汇票的历史联系仍然限制着它的作用。证券交易所是为了便利人们买卖现有的投资而成立的，这附带地也有助于新企业的创办，不过它并不怎么直接参与进行新

的投资。银行、保险公司、金融公司、投资信托公司、推销辛迪加、局外经纪人和股票推销人等等组成了资本市场。……这些人对于筹措资金来促进新的科学原理的应用研究，根本没有多大兴趣。他们不懂技术，对任何这样的建议是否可行，无法作出判断，必须依靠出钱雇来的专家。因此不能期望他们经常在这个领域发起新的研究项目”*

还有两个因素妨碍人们欣然地向非大企业主办的科学应用研究项目提供经费。第一，和通常的金融交易比较起来，这种项目所需要的金额少得可笑。至多不过十万镑，而不是几百万镑；因此，这是一种不大常见的类型的投资，不值得一顾。很少有什么企业愿意费神加以考虑。第二，只有在商业循环中很短的一段时间内，把钱投入科学研究之类很成问题的长期投资项目上，才是值得的。在繁荣条件下，通过投机可以弄到多得多的钱，在萧条之时，无人会冒投资的风险。结果，新的科学原理应用研究项目就越来越操在现有的企业，特别是巨大的垄断企业之手，只有它们才有力量解决比较重要的线路的问题(参看边码第138页注)。 133

针对人们不愿意投资发展科学原理的应用研究项目，我们必须指出这种投资的吸引力。我们已经在论及科学发现本身的时候指出，科学在任何领域中的进步都是在那个领域中所花费的金钱的数量的某种函数。它当然并不是和这笔钱成正比，不过要是不花钱，根本就不会有进展。同样的道理也适用于科学原理的应用研究，只不过在这里所需要的钱要多得多，因为试验是大规模进

* “通用汽车公司副总经理兼研究部主任查尔斯·F. 凯特林 1927 年在谈到这个问题时也同样地说过：

‘由于科研在工业中引起迅速变革，银行家们认为科研具有极大的危险性，使银行业变成危险的事业。’”

行的，而且需要更大的资本开支和日常开支，而且还存在着已经指出的一些需要克服的技术困难。要在这些条件下把科学原理加以应用，一旦成功时所取得的节约一定是极其巨大的，足以抵消蚀本的风险。当应用研究的目的在于满足已经很紧急的经济需要的时候，多半是会成功的，当应用研究的目的在于防止造成损失的某一已知的原因时，就更加是这样了。

取得实际成功的条件　把工艺史研究一下就可以看出：科学原理通常是在马上可以获利的领域里首先得到应用。而这个领域却往往可能不是这种科学原理最能发挥作用的地方。例如，机器纺织方法首先是应用于织造锻带，很久以后才应用于织布，而蒸汽动力则先后应用于花园喷水池、矿井抽水、最后才用来推动机器。

马上获利的要求从一开头就妨碍了科学的应用，而在这时，发展速度很有可能达到最大的限度。例如，在已经提到的电力的例子中，在头十年中实际上没有取得什么成就，因为电流当时还没有什么马上有利可图的用途，到了四十年代，用于电镀的直流电机有了一些发展，直到七十年代才开始有了真正重要的发展，
134 这时弧光灯被采用了，先是用于灯塔，以后又用于街道照明。不过直到供家庭使用的钨丝灯照明方法出现后，人们才采用中央电力站。因为这种照明方法第一次说明了源源不断供应的电流有多种用途。的确，当时一直有不少技术上的困难需要加以克服，不过说一句公道话，要是 1880 至 1890 年之间用于发展电力的力量和金钱能够提供得早一点的话，本来可以节省下这种发展所需要的一半至三分之二的时间，而且工业的技术发展也会相应加速。

规模问题　有关科学发现的应用的所有这些盲目的经济发

展，有着一个内在的困难。只有大规模加以应用才能充分得到应用的好处。另一方面，大规模生产的技术困难远比小规模生产的困难大得多，实际上也可能是不可克服的，除非进行大量的中间规模的研究。而这事本身一般是费钱的而且很少是有利可图的。所以我们就遇到了一个明显的矛盾现象：动力来源要做到经济，规模就一定要大；但人的肌肉却能够最经济地提供小小的动力来源而且至今仍然这样。要做到规模大，就需要有极难制造和极难有效运转的巨大转动部件。第一部蒸汽机的气缸直径要比实际上具有一千倍功率的现代飞机引擎的气缸大十倍以上。所以制造质量很差，效率极低，半英寸的内径误差是常见的事。在这种情况下，蒸汽机必须有极大的经济好处才能被人采用。因此，在人们发现了某种有利可图的中间阶段的用途之前，应用的头一阶段就迟迟不能来临。电镀工业为电力的应用提供了这种中间阶段用途；老爷们的花园的浇水工作则为蒸汽机的应用提供了这种用途；这二者基本上都是大材小用。

发明的浪费和挫折　科学原理的应用的内在经济困难的另一个方面是：在开头，应用的效率总是很低的，需要人们在使用中加以改进。不过在另一方面，对它的要求在开头也最低，并且随着应用方法的成功而增加。结果是，一项新的科学原理会在不巧的当儿受到阻碍，并且会发展得极其缓慢，然后到了有利可图的临界时刻，人们才突然被迫竭尽全力加以发展。*从社会的观点

---

* 人们很明白这个情况，但却很少或者根本没有设法加以补救。詹姆斯·亨德森爵士1936年在英国促进科学协会发言时作了如下评论：

“一般人认为工业界总是亟欲寻找新发明，不过他们感到兴趣的主要是那种能够减少他们经营成本并且一般来说会使失业增加的发明。这几乎是大战以后需要的唯一一类发明。工业本质上是商业性企业。它的领导人是生意人，热衷于自己的股息收入，也热衷于保存资本，除非能够增加产量。

来看，这都是难以置信的浪费。具有独创性的研究成果大部分都是在发展的初期或创始阶段取得的，这种研究由于缺乏经费而奄奄一息，创造者本来可以节省出一些时间，从事其他应用研究和
135 发明，但由于应付仪器设备不足和经费困难把这些时间都浪费掉了。除了最坚决和最狂热的人之外，任何人了解到这种情况都会裹足不前。几乎一切有才能的科学家都一度或多次想要把自己的研究成果加以实际应用，但都不愿意放弃自己的科学工作而去进行他们的尝试所必然要带来的无把握的斗争。一旦应用取得成功，急急忙忙从事改进工作进度也是一种浪费，因为事前缺乏准备，不能找到足够数目的有相当训练和智慧的人才，因而，从所耗费的金钱来看，所取得的成绩就要比有条不紊地进行工作时小得多。

建设性和补救性的应用　　应用的性质自然要在很大程度上决定它在工业中是否很容易很迅速地得到利用。我们可以把对科学的积极性或建设性应用和对科学的消极性或补救性应用区别开来。在第一种情况中，科学指出怎样去创造飞机或电影院之类的新事物。在第二种情况中，人们要求科学消除金属腐蚀或蝗灾之类的已知的不利情况。在前一情况中，科学向人类赠送礼物。在这里，经济问题在于怎样发现有力的需求，以便帮助新发明渡过最初的几个阶段。社会最需要的正是把科学原理加以积极性应用，

一项发明发展到商用阶段以后，就不难找到利用它的资金。要为一件发明在商业上的利用找25,000镑以上的资金比为一项发明找5,000镑研究经费容易得多。可是一项发明研究成功后的利润是很大的，单是出售国外专利权就能使赞助人得到许多倍的收益。

在战前有一些富人以发明赞助人的身份出现，不过战后可能由于重税或其他原因，这种人不多了。现在产生了新的一代资本家，还没有注意到这种有厚利的投资，要不然就是因为他们缺乏看出这种投资的前景的必要经济目光。

可是，在现行经济制度下，也最难实现这种应用。

当人们在工农业中需要把科学原理加以补救性应用——而不是建议性应用——的时候，情况就不是那么糟了。在生产中遇到了某种困难，或者需要消除造成浪费的一定原因。人们既然认识到需要进行研究，又有了进行科研的手段，就往往能够应用已经知道的科学原理把问题加以解决；事实上，过去科学家便是这样地赢得了而且现在还继续这样地赢得工业界对科学的赏识。戴维灯的发明便是一个典型的例子。当时，人们明确地提出需要一种放在碳化氢中不会引起爆炸的灯。戴维应用了简单的科学原理就很容易地找到解决办法。在这以前，熟悉矿下情况的斯蒂芬逊早已通过经验发现了那个解决办法。可是发明安全灯的结果却与原来预料到的情况颇不相同。据克劳瑟说：

> “安全灯使得煤矿工业迅速得到发展。它并没有减少矿工死亡人数，因为它使人们有可能在更深更大的矿井中工作，
> 因而大大地增加了易罹危险的工人人数。戴维拒绝为自己的 136
> 发明申请专利，因为他的‘唯一目的是为人道事业服务’。他的发明的主要作用是使老板们更加富裕，并使得更多的人到矿里工作，而且使他们处于种种危险之中，碳化氢不过是其中一种危险而已。所以戴维灯作为一种经济学上的手段的重要性要比它作为安全手段的重要性为大。”——《十九世纪的科学家》第62—63页。

不过在许多重要的例子中，事情并不是那么容易。在这里，由于人们坚持要求立即取得实用效果反而达不到目的。解决具体问题所需要的知识可能不是现成的知识、而且还可能是带有根本性质的知识。研究这种知识，不论从科学观点来看是多么有价值，在出钱的人看来却似乎离开眼前研究课题过远了。就这样，工业

科学研究支出中的巨大金额或其大部分，由于同科研的实用方面有过于密切的联系，在不能取得预期成果的意义上来说，在眼前是浪费掉了。从长远看来，这种做法所造成的浪费更大，因为这样做就不能推动科学的全面发展，而根本性质的研究，如果进行得当的话，则能推动科学的全面发展。例如，我们发现人们花了大量金钱来进行详尽的冶金研究，但在金属状态的本质的科学研究方面，却仅仅花了比较微不足道的钱。要是对后一种研究有力地加以发展的话，不仅会在第一种研究上节省大量时间和金钱，而且会加速合理使用金属的整个过程*。

很多科学原理的应用，如果从技术观点来看，属于建设性应用的范畴，如果从经济观点来看，又属于补救性应用的范畴。属于这一类是某些起着经济功能的制造方法、材料和机器，在技术上极为新颖，但从其出现那一时刻开始，就起着节约费用的功能。蒸汽机本身，在初期阶段取代马匹的时候，就是一个典型例子。水银弧整流器则是另一个例子。这类应用所遇到的主要障碍是：在一个无政府状态的生产制度下，我们难以把科学上的可能性和技术上的需要结合起来。眼前工业进展的最大的可能性也许就蕴存在这里。怎样才能解放出这些可能性，将在以后的一章中讨论。

工业竞争和科学研究

一些别的因素和上文提到的各种因素合在一起，妨碍着科学发明成果的顺利应用。我国工业在上一世纪中绝大部分——至今

---

* W.L.布拉格1938年3月及4月在皇家科学普及协会所作题为《工业的某些科学问题》的讲演。

还有很大一部分——是由许许多多规模很小、几乎完全独立的单 137
位来经营的，我国的农业更是如此。为了使科学研究具有应用价值，总得花上一定的最低限度的时间和金钱。我们可以大体上以一个科研人员加上设备和助手在五年左右所花的费用，再加上一定规模的实验车间及其流动资本，作为这个最低限度的数字。总的费用不会少于4,000镑。假如研究成功，花了这4,000镑所取得的节约数字每年可能达到40,000镑之多。可是研究可能不成功，或者还需要再花同样数额的钱再经五年才能获得成功。假如经费无着落，原来花的钱就可能完全损失掉。如果不成功，也无法领取保险金，只能靠扩大已做的研究工作数量，因而也就是靠增加费用来弥补原来的失败所带来的损失。而这样做可能是超出小厂财力范围之外的。当然，根据古典经济理论，风险是由不同的企业家个人承担的，其中的幸运者则受到适当的奖赏，可是实际上，研究不成功的风险足以阻止大多数力量单薄的商号去进行任何研究工作。企业循环的波动使这种情况更加恶化了。我们说过，科学研究是一种长期的冒险(边码第61页)。小厂商无法在萧条的低潮时期把科研继续进行到底。放弃科研工作毕竟是最容易不过的。另一方面，在繁荣时期，小厂商却忙于趁热打铁，没有精力去顾及科研。

另一个考虑是，即使科研完满地取得成功，使成本显著降低，假如对研究成果加以保密的话，假如进行类似的研究取得成功因而降低产品价格的其他厂商为数不多的话，这种成本的降低也只能表现为进行科研的厂商的利润有所增加。即使申请了专利，且不说存在诉讼的危险，专利权收入在投资人看来，同原来的支出相比，也可能是不划算的。所有这一切都使企业不敢进行科研，如果它们进行的话，也是着重于秘密的，因而也就是无效率的研究。在农业中情况就更糟了。因为在农业中，要使科研具有价值，

就必须在极大的和极费钱的规模上进行研究，失败的风险也就大得多了。所以实际上没有哪一个农场主进行过科研工作，只有最富有的土地所有者偶尔为之。政府就是为了补救小规模企业的这
138 些必不可免的缺点才设立研究协会和农业研究站的。但是象我们指出的那样，这两个组织的范围仅仅涉及半数左右的工业，即那些已经很为进步的行业，因而它们只能对少数厂商有所帮助。鉴于科学可以对工业提供的巨大好处，很明显，在目前条件下，竞争性的工业制度是一个最有力地妨碍技术进步的制度。*

垄断与科研

不过目前控制主要科学应用研究的，并不是竞争性的企业而是垄断性的企业。在垄断条件下，不论是单一企业，还是订有固定价格合同和分享生产方法合同的数目众多的企业，都有可能在科研上花费大量金钱。事实上，此刻在英国，除了政府进行的科研工作外，或许有五分之四的工业科研是由为数不超出十家的大公司进行的。在德国，这个情况有了更进一步的发展，象I．G．法本那样巨大的工业联合企业的研究实验室，变成了比政府或大学所设机构更加重要的研究中心了。垄断的存在消除了阻碍小厂商进行科研的许多经济上的阻力。显然，科研成果的一切好处必然是属于厂商所有的，科研业务的巨大规模足以保证，不管个

---

* 美国政府关于《技术发展趋势》的报告中说明了缺乏联合研究设施的小企业的困境：

“在萧条时期，所谓小工厂的高压设备的研制工作有了进展。……小工厂由于缺乏试验高压设备的任何设施而大感困难，它们无力购置这类试验设备，负责管理高压线路作业的人当然希望所有零件在使用之前都受到严格检验，可是小工厂却无力建立昂贵的检验室，因而工作就大受影响”（第279—280页）。

别的科研项目怎样达不到商业上的效果，这些失败将会被其他成就所抵偿。工业研究实验室的规模本身就增加了工作效率，因为它使研究协作成为可能。要把金钱用于研究，效率最低的方法大概莫过于建立只有一两人的小研究所了。在另一方面，却也不能说实验室越大，它的效率就越高。根据课题的性质，根据任何一项研究都必须包含的各种研究的多样性，任何一个应用科学研究所也许都有一个最宜规模，而工业实验室、特别是欧洲大陆上的实验室有时是超出了这个限度的。在苏联，一开始倾向于设立这样的规模极大的研究所，但是经过了几年的工作以后，他们明白这样做所引起的行政管理上的困难过大，而且存在着科学协作任务占用过多科研时间的危险，结果，现在又回过头来，恢复了五至二十五人的研究所。

缺乏刺激力　我们已经讨论过在垄断条件下工业科研面临 139
的某些困难、特别是谈到过，人们往往把科研部门和任何工厂的商业部门同等看待而且往往用官僚主义的方法有效地加以扼杀。这些缺陷仅不过是更为根本的阻力的征状而已。在自由竞争的条件下，科学的应用研究工作带有极大的风险，不过在另一方面，也存在着进行这种研究的巨大刺激力，因为假如成功了而且能妥善保密，它就会大大增强企业竞争能力，使企业成功而不致破产。另一方面，在垄断条件下，进行科研的风险实际上不复存在了，可是进行科研的刺激力也在很大程度上消失了。*在这种情况下，

* 《技术发展趋势》对大公司研究实验室不能在促进技术进步方面起作用的情况有所评论：

"常常有人说，大公司和卡特尔设立了实验室和研究协会，就驳倒了关于大工业缺乏灵活性的指责。可是这些为数比较少的研究部门却使得大公司在更大程度上控制了可能扰乱市场的革新项目。据格罗夫纳说，在1889到1929年之间的75项最重要的发明中，仅有12项是大公司研究的成果。"（第13—14页）

科研仅仅变成许多增加利润的办法之一，而且不一定是一个重要的办法。科学成果的应用当然能够减少经营成本，不过生产合理化和提高生产效率的制度也能够做到这一点，而且垄断条件下的主要困难是在高的价格下保持市场，而不是改进生产方法。因而花在广告上的钱总比花在科研上的钱多好几倍。

要取得详细数字是困难的，不过据悉，单是报纸广告每年就要花35,000,000镑。传单及招贴广告所费也不会少多少。单是卖药的报纸广告，每年所费就达到2,800,000镑，比政府和工业界花在科研上的钱加在一起还要多，而这种广告大部分是对不懂科学的大众的一种残酷的欺诈（参看边码第155页）。

设备的废弃 在垄断条件下，科学应用研究遇到的另一个困难是：企业规模很大，一旦设备废弃就有带来巨大资本损失的危险。科研必然要引起的一个后果、特别是在原来依照传统方式经营的一些行业中所必然要引起的一个后果是，大大提高生产效率，而且提高的速度越来越快。但是这就意味着，在各个生产发展阶段建成的工厂肯定要在几年内变得过时，而且可能在它投产之前就真的过时了。人们认为这是一种极其实际的弊病。据斯坦普勋爵说：

> “对于经济进展极为重要、但可能由于过速的技术革新而遭到破坏的第二种平衡是废弃和折旧之间的平衡。可以促进经济进步的一切科学进展，要想产生效果，几乎都必须体现在各种资本形态中，而这些资本形态越来越精巧、越来越大而且费钱。此种器材和设备按每人平均计算的生产率变得更大了，即使把从事制造机器或生产程序的人员考虑进去，
> 140 还是能够不断产生令人完全满意的成果，而且人力也越来越节省。过去总是说英国机器质量好，永远也用不坏，而且在

它变得过时以后，照样可以继续长期使用，而美国人制造的机器就是比英国机器坏得早，所以价格也就比较便宜，可以用包含最新装置的资本资产迅速加以更新。如果能使机器的实际寿命和其风行期一致，就会最大限度地节约资本并保证其安全。不过要是体现最新科学成果的费钱设备在没有用坏之前很久就变得过时并被取代，那末资本便会浪费掉，利息便会损失掉，以至生意和投资失去保障。单单物质安全因素就意味着每一部件，即使是粗制的也都必须是真正耐用的，因此就不可能把设备的实际寿命全部缩短到可能的“废弃”寿命。这样，过于迅速地接踵而来的革新可能意味着：为了取得很微小的薄利而使极好的固定设备废弃掉或使其不能盈利。一个负责的社会主义社会会在每一次都保证不致得不偿失，但相互竞争的个人却才刚刚开始承担集体责任。假如玛丽皇后号轮吸引了一批肯花钱的好旅客，仅仅两年后，一艘与它竞争的新船就依靠偶然新发明的设备以略低的票价把它的旅客全部吸引过去。作为一种典型来说，这是进步，但是，个人作为自由的消费者所取得的微小的好处，却可能付出了昂贵代价——巨大的脱节和资本的丧失。这种代价甚至会影响到既作为消费者又作为生产者的同一个人。

假如革新成果显著，并且在经营成本上反映出来，那么，旧经营成本和新经营成本之间的差额就可能大到足以支付所使用的新资本的利息，而且还能够分期偿还更换掉的设备中未被利用的使用寿命的成本。一部机车可能还可以利用多年，不过新型的机车可能通过降低经营成本，不仅足以使人在正常设备更新情况下采用它，而且足以支付旧式机车提前报废的损失，因而仍然是划算的。可是现代技术革新的大部

分项目都属于不能支付废弃损失，不能在有条不紊的、自然的设备更新过程中加以采用的类型。

类似的论点适用于一个地区的全部各种各样的资本支出。这些资本支出可以在这个地区(例如煤矿区)的全部经济活动中分期偿还，不过要是由于采用某种革新项目，刺激了另一地区的竞争活动，以致引起脱节现象的话，这些资本支出便白白损失了。可以设想一下，如果人们发现可以用人工方法在别的地方创造出兰开夏的那种优越自然条件——那种适于纺织的湿度，而且湿度更为均匀的话，那会对兰开夏产生什么影响。

采用新方法的速度及其对就业的影响可能取决于企业单位的规模和性质。如果为某一特定市场进行生产的所有工厂是由独家控制的，或者有了相互协调的合同的话，采用节省劳动力的新型设备的速度将决定于本书已经提到的简单考虑。新型设备可以根据每次更换过时设备的每一更新计划加以采用，这样就不会由于过早报废而浪费资本。不过这仅适用于
141 好处不大的革新。如果好处大，新老方法之间生产经营成本差距就足以抵补上述的一切费用。在这两种情况下，都不会浪费资本，而且还能及时吸收新发明。再者，在可以左右市场供应的单一企业内部发生的废弃可以作为日常开支处理。欧文·扬最近说过：‘总的说来，在过去五十年中，通用电器公司所制造的东西到付诸使用的时候，没有一件不是过时的，至少在某种程度上是过时了。’* 很明显，在一个单一的生产单位中，这个过程可以作为连续性的生产成本的一个普通部

* 通用电气公司在申纳克塔迪举行的第五十次年度会议。

分而加以处理。我们没有必要设想在过去五十年中，这家公司由于支付了设备废弃费用，而没有盈利或没有支付过股息。”——摘自《社会调整的科学》第34—37页。

这段引文清楚表明：设备废弃对于生产者个人的危险性由于无限制的竞争而大大增长了，虽然这不一定就是消费者所遇到的危险。大家可能迅速地照搬一种新生产方法，从而迫使使用旧方法的厂商废弃自己的设备。从通篇论点中可以清楚看出，经济上的无政府状态如何妨碍技术进步并如何以极其浪费的方式取得仅有的一点进展。垄断控制的好处是：在一套设备用旧之前、或者在业务大大扩充，有足够财力改用新设备并停止利用旧设备生产之前，没有真正必要去更换设备。垄断组织由于它可以对设备废弃加以控制的缘故，往往能比竞争更有效地阻碍科学进展。大规模生产的方法加强了这种保守的态度。要从细节上改变大规模生产的产品的设计是困难的，而当需要对设备彻底重新进行设计时就更困难了。在我国有一家大规模的垄断企业，它对新设备每年按百分之五十进行折旧，习以为常。这就是说：新设备都必须能在两年之内从利润中收回成本，不然，就不改换设备。如果新设备能使用长久一些，它带来的一切收入都是纯利润。从这里就可以看出，把科学成果加以应用有巨大好处，而科学成果的应用又受到垄断组织多么严重的限制。*

---

* 关于《技术发展趋势》的报告中公布的估计数字显示出在美国存在的严重设备过时情况：

“1934年，《动力》杂志对454家‘优于一般’的工业动力工厂进行了一次研究。它们几乎拥有工业原动机能力的百分之十。研究结果发现百分之六十二的机器寿命在十年以上，而百分之二十五在二十年以上。有些较老的设备大概是应急的备用设备，可是大部分较老设备被认为过时到惊人程度，如果用最先进设计的设备来取代，从花费在老动力设备的每一元中平均可回收五角。1935年《美国机械师》杂志对金属加工设备的过

对科研的扼杀

人们对设备废弃的危险性的直接反应，并不是设法扩大科学在工业中的应用范围并使应用的程序合理化，而是设法阻止科学发展，以免造成设备废弃的难题。这个过程采取两种形式：扼杀已有的发明和限制科研以窒息新的发明。要找到第一种做法的具
142 体例子自然是极其困难的，不过长期以来一直有人这样说，而且最近最权威的人士也这样说。例如，亚历山大·吉布爵士在诺丁汉(1937年)以主席的身份向英国促进科学协会的工程学部所发表的演说就说过：

"在这里，情况和在科研工作中常见的情况一样：科研

时情况进行了研究，其结论是：由于机器设计的迅速改进，金属加工设备，如果不是在过去十年中生产的，都过时了。它对这些机器的寿命进行清点，发现我国所有金属加工设备的百分之六十五的寿命在十年以上，而且大概是过时了。美国州际商业委员会的记录说明：我国有百分之六十一的蒸汽机车是造于二十年以前的。这些数字显示出基本设备过时的程度。

机器和有关产品研究所于1935年对全部工业的潜在机器需要所作的估计，进一步揭示设备过时的程度。这家研究所进行了广泛的调查，对占全国工业的百分之八十五的行业的需要进行取样，而且根据这个调查，估计出全国工业对机器的潜在需要达到180亿美元以上，其中用来更换老设备的新设备占100亿美元以上，老设备大多是过时了。

象上述的关于设备过时的调查，清楚地说明了设备过时的程度。可是人们对设备过时的社会含义很少进行研究，有一大串问题有待解答。当设备过时而失去价值之时，是谁受损失呢？废弃会不会使社会受损失或者仅不过使企业受损失呢？设备过时是不是造成工业失调的一个原因？大量过时设备的存在会不会妨碍人们使用较好的工业技术？能否在不妨碍采用较好的技术的情况下减少固定设备废弃的危险？是否应该把由于固定设备废弃而造成的损失交由整个工业摊派分担呢？我们对固定设备过时给工业活动带来的实际影响知道得极少，所以无法回答这些问题。不过这些却是我们的迅速改善的技术迫使我们要解决的问题，值得极其详细的研究。如果要充分认识目前技术改进的趋势的社会含义并且解决技术改进所引起的一些问题，就应该对固定设备过时以及它所牵涉的一切问题进行广泛的研究"(第12—13页)。

成绩越大，对于原有的装备和设备的影响也就越加直接而厉害。有时这便是问题所在。必须把数以百万镑计的金钱投入固定资产，可是固定资产却可能由于新方法的发展而在一二年内过时。目前设备废弃速度极为迅猛，以四年时间来注销新设备是很平常的，既得利益集团把许多有价值的发明收购下来不予使用，以便避免由于利用这些发明而对已经在运转中的设备造成更大损失。因此人们对无限制进行科研并不总是有很大热情，也不总是乐意加以称颂，就不足为怪了。不过这是一种目光短浅的方针。”在英国促进科学协会诺丁汉会议上发表的演说——《英国促进科学协会报告书》1937年9月，第158—159页。

《自然》杂志*已经建议对这个问题举行公开的调查，不过这种调查会不会比调查私商军火制造情况的皇家委员会为了类似理由而进行的调查取得更多积极成果，是值得怀疑的。

在美国，人们说得更为坦率。我们在美国政府所发表《技术发展趋势和国家政策》的报告书中看到下列的话：

“企业家之间的竞争，虽然引起浪费很大的无政府状态的生产和销售，却在某种程度上激起人们进行工艺革新以求胜过竞争对手。可是一旦垄断组织在利润制度的环境中，可

* “A.吉布爵士在讲话将近结束之时，请听众注意这样的一个事实：科研所取得的成就越大，它对于现有工厂设备的影响就越直接而厉害。他说：‘人们不能不把亿万计的资金投在固定资产中，而这些固定资产可能由于新方法的发展而在一二年内过时’，他还说许多有价值的发明被既得利益集团加以购买和扣压，为的是阻止别人利用这些发明，给已经投产的工厂设备带来更大损失。由于人们一再提出了这种说法，我们不能不认为它是很有道理的。但是由于缺乏关于发明一经收购就立即遭到扼杀的具体事例的材料，我们很难估计国家由此而受到的以及以后可能再受到的损失。”——《自然》杂志1937年，第140卷第438页。

以做到控制价格、使产品标准化和限制生产，对工艺改进的敏感性就减退了，新发明及其应用就遭到制止。

威廉·M. 格罗夫纳已经在《化学制品市场》中说出了现代公司经理部门对利用新发明所持的看法：

‘我甚至看到了有些最有希望造福于公众的发明单单由于可能在工业中引起革命就被完全忽视或干脆被禁止了。我们没有权利期望一家公司出于单纯慈善的动机而自杀。……一家公司为什么要浪费自己的收益、使自己的股东得不到股息，来发明某种会打乱自己的销售市场或者废弃自己现有的一切生产设备的东西呢……如果主持革新工作的是在开支问题上向股东负责的有训练和有经验的人们，他们是不大愿意废弃自己负责加以革新和改进的东西的。’……

路易斯·D. 布兰迪斯，1912年在专利问题奥德费尔德
143 听证会上，就注意到了垄断企业的过于僵硬的作风对技术发明的影响。垄断企业所以会有这种僵硬作风是由于企业担心新发明会危及自己的重型设备投资、特别是耐用品投资的缘故，而且是由于企业本身办事手续十分复杂的缘故：

‘这些巨大的组织的结构并不具有进步性质。它们不肯办大事。拿我国的煤气公司来说，他们不愿管电灯的事。拿西部联合电报公司来说，他们不愿管电话的事。电话公司和电报公司谁也不愿意管无线电报。人们可能设想过：在上述任何一个事例中，要是这些企业具有美国人的常有的进步性的话，他们就可能立刻说："我们应该去发展这个。"可是他们却拒绝了，于是在上述每一个事例中，为了推广这些伟大而具有革命性的发明，就有必要去吸收全新的资本'"（第62—

63页)。

至于真正压制发明的事例，我们有联邦交通委员会的证据可供参考：

“联邦交通委员会在1937年说：贝尔电话系统把3400项未经使用的专利加以压制以便杜绝竞争。这个委员会说，‘其中有1307项是这家美国公司及其持有专利权的子公司为杜绝竞争而自愿搁置的专利。’公司说其余2126项专利是由于‘有了更为优越的代替方法’而没有加以使用。针对这一点，委员会报告说：‘这是把专利搁置不用和压制专利的一种类型。他们所以能够这样做是因为他们为了防止竞争取得了过份的专利保护的缘故。贝尔系统一直通过专利来防止别人在有线电话和电报事业上同它竞争。它根据自己的电报和电话器材专利，始终拒绝把许可证发给有线电话和电报事业方面的竞争对手，范围扩大到有关一切类型的构造的专利。而且，贝尔系统还把一切可能对竞争对手有价值的专利加进它自己的……专利中去。这个方针使公司取得了大量专利，其中包括贝尔系统毫不需要的另辟蹊径的装置和方法。……在西方电器公司和独立的制造公司所签订的专利许可证合同中，也可以找到有利于压制发明的条款’”——《工艺趋势》第50页。

关于第二种做法，即限制科研以扼杀发明的做法，由于其本身性质，我们无法提出确切的证据，因为没有一家公司有非花钱进行科研不可的义务，不过无可置疑的是：这种做法是妨碍应用科学的进展的一个最重要的因素。如果这种研究可能妨碍已经花费了大量资金的生产方法，情况就尤其是这样。充电气体管照明

方法发展比较缓慢就是一个显著的例子。*真正有效地普遍使用这
144 种照明方法不仅会使取得一定亮度所需的电力减少到原来所需电力的三分之一或四分之一，而且使投在普通灯泡生产中的资本大部归于泡影。只有对廉价照明有了新的巨大需求时，例如由于现代街道照明规划或由于建筑物的装饰照明而引起需求时，人们才认真地对待发展充电气体管照明问题。如果当初在科研上花费比较少的钱，我们本来可能在二三十年以前就达到了今天的成就，我们现在也许已经往前多进步二三十年了

另一个例子是：直到晚近的时期才发展了对铝和其他轻金属的研究。这些金属的生产操在作风僵硬的一些垄断企业之手。它们致力于维持比较低的产量和高昂的价格。**在这种价格上，用铝来制造许多物品(例如用铝来制造汽车更为适宜)，是很难和钢铁争胜的。如果开展一项目的在于大大降低铝的价格的科学研究，人们或许就能利用陶土等低级原料来生产铝，而不必象现在那样使用大量电力，这样一来，这种改进就迟早会打破垄断局面。所以这类研究就得不到鼓励。不过最近由于各国准备世界大

* 第一个霓虹灯照明招牌早在1774年就有了。见克劳瑟《著名美国科学家》(Famous American Men of Science)，第67页。

** “1937年，美国司法部长办公室指责说：‘铝业公司由于百分之百地垄断了美国矾土和纯铝的生产和销售，已经取得了并且还维持着对矾土、铝、铝板、合金板、基本预制件的生产和销售的垄断控制权，它还通过这些产品，控制用这些材料生产出来的、在州际贸易和国际贸易中销售的产品。它还有权规定专断的，歧视性的和不合理的价格、有权扩大和永久维持上述垄断控制权、有权排斥上述垄断控制以外想要在铝土矿、矾土、纯铝以及用这些材料生产出来的铝制品的制造和销售方面同铝业公司进行竞争的其他厂商。由于希望从事铝业的新企业要受到控制着基本原料的唯一的强大公司的支配、由于从事一项由铝业公司及其子公司彻底垄断的事业必然要冒巨大风险，上述垄断控制已经并且还要继续马上直接产生一种效果，压制和防止在铝矿土、矾土、铝以及用这些材料制出的铝制品的生产中和在州际和国际贸易中本来可能出现的大量竞争，因此，这种垄断控制对公众利益是有害的。’”——《技术发展趋势》，第55页。

战，大大刺激了飞机生产，铝和镁合金大受重视。各国政府都不得不把铝和镁合金的生产问题作为国家的紧急需要而加以处理了。所以我们可以拭目以待地预期铝的生产方法在今后短短几年中将取得十分迅速的进展，最后价格会相应地迅速降低（参看边码第363页）。

要估计出科研成果的应用所受实际阻力的程度，总是不容易的，因为我们无法把已经做到的同耗费同样的金钱和时间所可能做到的相权衡。但是尽管自觉地指导和控制科学成果的应用的便利条件大大增加了，上述应用落后于科学的时间差距仍继续存在，这个事实说明限制的力量并未消除，而是和便利条件几乎同样迅速地在增长中。

专利　另一个严重干扰科学成果的应用过程的因素是专利法。虽然专利原来的宗旨是保护公众，使其免受处置不善的新生产方法之害，*它在现在却被认为是对发明者的奖赏，或者是他和社会之间交易的结果。它在过去可能是这样，不过毫无疑问，它在今天却可悲地起不了这种功能，而且对发明的进展妨碍多而 145
帮助少。在实践中，除了常见的弊端之外，专利经常不能奖赏原来的发明家而且妨碍而不是促进发明的进展。**

---

* 见斯坦普，《社会调整的科学》。

** “美国法院已在某些判例中批准取缔专利。在人们正对美国的技术革新阻力进行估价的时候，这些判例是极为重要的。1896年法院判决如下：取得专利者‘可以保留自己的发明或发现以供自己专用。……他的所有权是独有的，宪法关于私人财产的规定十分清楚，他既没有必要非去利用自己的发现不可，也没有必要非让别人来利用不可。’法院在1909年把这项判例再度肯定下来时说：‘当使用已取得专利权的发明物或未取得专利权的发明物违反基本财产法律之时，公众就没有权利强迫人们去这样做。’这样技术进展就变得不可分割地取决于财产所有权了，而人们是根据同社会利益相对的个人权利和某一企业的权利来解释财产所有权的。实际上，这种解释是有利于大公司的。因为发明家们一直有这样的经验：凡是在这类公司控制的领域中，他们就

专利法是针对一种独立的小生产者的状况而制订的。在这种情况下发明家自己也能够找到资本。对于一切重大发明来说，情况是否这样，殊堪怀疑。即使在十八世纪，瓦特也不得不同博尔顿合伙。后者不得不使用自己的一切影响并且还花了70,000镑，才在蒸汽机上收回一部分资本。现在的情况不同了。个别的发明家还是有的，可是他要找到一个愿意出钱的资本家却越来越困难(参看边码第132页)，并且不得不忍受愈益糟糕的条件。大部分专利是由公司取得的，这不仅是因为：由于我们已经说过的原因，现在只有大企业才有力量开展应用科学研究，而且因为：专利法本身现在变得十分复杂，只有最有钱的人才能保住专利，不让专利受到必不可免的侵犯。当然，在游戏中，你可以干我一下，我也可以干你一下。大企业可能宁愿收购对自己可能不利的专利，不管这种专利是不是有价值，而不愿去打官司。取得妨碍性的专利(莱文斯坦博士*估计有百分之九十五的专利是妨碍性质的)是最安全的合法讹诈方式。

大企业往往规定，任何职工的一切发明权属于企业(参看边码第108页)。原来发明人是否得到奖赏，是由管理部门决定的一种恩赐，而且是绝无仅有的。发明人哪怕只得到最终利润的极小一部分，就算很幸运了。因此，不论是独立的发明家也好，不独立的发明家也好，目前专利很少能达到其奖赏发明家的目的。现行的专利

无法独立地促进自己的专利的实现。一个主要的障碍当然是缺乏资金以推行自己的计划。他们会卷入极其费钱的权利侵犯诉讼中，而且受到干预程序的扰乱，以致他们不得不把专利权卖给拥有集中的资金的大企业，这样发明便有被扣压的危险。专利联营组织往往仅使少数公司享受专利的好处，不让独立自主的人士利用它，从而就妨碍了技术的广泛进展。垄断企业对技术革新的控制使人马上就觉得同中世纪行会的限制作用非常相像。"《技术发展趋势》，第3页。

* 莱文斯坦，《英国古今专利法》(British Patent Laws Ancient and Modern)。

法一方面无法奖赏发明家，另一方面却往往严重损害公众利益。即使象斯坦普勋爵这样保守的批评家，也指出在现代条件下，保护专利的期限也实在太长了：

“举例来说，我们假定发明中包含着社会利益的理论是正确的。如果专利制度使人们有可能阻止发明在商业上的应用，这个理论就不能成立了。如果别人能根据微小的并不带有根本性的差别另外取得专利的话，就会引起竞争，造成浪费，使社会得不到相应的好处。与我的研究更加有关系的是保护的期限。这一般是十四或十五年，在某些情况下，长达二十年。在生活的速度比现在缓慢和变化周期比现在长得多的条件下，当时认为这是适当的期限。真正的问题是：如果我们在现代条件下从新制订专利法的话，这个期限是不是我 146
们仍然要选择的最理想的期限呢？假如在旧的条件下，一件发明废弃之前的平均有效寿命是三十年的话，那么其寿命的一半是处于私人控制之下，另一半则处于社会控制之下。假如现在我们不改变专利条件而假定寿命周期为十五年的话，我们就会得出这样一个不正常的结果：一般说来，有效的发明在其整个寿命期间都处于专利的保护下，社会实际上只能控制已经过时的发明。如果我们真的开始制订新的专利法，事先不想到适应今天的条件，就采用根据一百年前的条件制订的社会与个人之间的一项真正交易的条款，那的确显然是不可思议的事。很可能，理想的专利期限不应该是划一的，而应该同有关设备的投资数额联系起来。在许多不同的国家中取得专利的麻烦手续当然不是无法解决的。目前即便要使专利有效范围遍及整个英帝国，也得填写五十多份申请书。更何况，在制订专利法的理论的时候，大部分发明都出自大

型工业实验室雇员之手的时代还没有到来。美国当局就断言：这个制度‘使得人们可以在某一项专利范围以外形成垄断组织，而且使得人们无法使用新发明为公众谋福利……即使可以说把现有设备废弃是浪费，这也不应该由垄断集团来决定，而应该由一个会把一切有关方面的利益都考虑在内的公正的权力机关来决定。’一般来说，纯科学原理的发现者既得不到保护，也拿不到赏金——赏金仅授给想出应用方法的发明家。”——《社会调整的科学》第151—153页。

有些人占有专利权并不是想应用、而是想阻挠别人使用某些生产方法。这就象利用专利来向社会敲竹杠一样，是另一种常见的弊病。在药品方面，这种做法尤其恶毒。因为，在药品领域，有人可以利用专利权扼杀科研工作，因而，真正有价值的药品的价格可能维持多年不变。这实际上是把贫穷的病人判处死刑。

由科学家取得专利是一种颇有争议的做法。这种做法同科学家的一般道德观肯定是格格不入的。人们感到，首先没有一个科学家能够问心无愧地自称自己对于一项发明有独一无二的权利，可以独享其好处。其次，科学家没有权利以任何方式来阻碍科学成果的应用的进展。在另一方面，有人感到，科学界由于向社会提供了新价值而得到一点报酬，是完全理所应当的。由团体而不是由个人取得专利可以克服而且已经克服了第一个困难，可是这只
147 会增强第二个困难。在设计不周、执行不当的现行专利制度下，科学成果的应用受到阻挠的危险是经常存在的。不公平的现象依然存在。在创造现代文明的过程中，科学的功绩比任何其他单一因素都多，可是科学家个人和集体都无法在自己所创造的财富中得到自己应得的一份。

工业科研合作

不论是大型企业还是小型企业由于经济上的原因都无法充分利用科研成果。这就促使各国政府发展工业科研。政府插手科研的好处主要在于：它克服了小企业开展科研工作时所遇到的一些困难。小企业联合组成研究协会，就能一个行业一个行业地收集足够的经费来执行相当全面的科研规划。

但是，为这种科研合作筹款一向极为困难。这部分是由于人们对任何形式的科研都不感兴趣，但主要则是因为，如果这样进行科研，科研就失去了其主要价值——竞争价值。所有捐助的企业，在某种程度上甚至还有整个行业的所有厂商，都从研究协会的研究中得到相等的好处。竞争的好处几乎完全没有了。如果在这种情况下成本有所降低，这往往表现在价格和降低上，因而就不能增加利润，除非该行业已经属于垄断或半垄断性质，就是说：企业之间已有公开或默认的协议，规定彼此都不使用任何改进的方法来进行竞争。目前的经济制度和造福于公众的科研事业是互不相容的。说服企业进行这种科研工作时所遇到的极大困难可以说明这一点。科学和工业研究部的几乎每一份报告都是见证(参看边码第46，318页)。但是反对扩大政府的科研工作的阻力不是仅仅来自这一个方面。有许多功能本来由这些实验室执行最好，现在却是由私人顾问来执行。他们的职业虽然一般说来没有什么保障，却也有利可图。粗看起来，一个真正全面的工业科研体系对他们来说，似乎会带来一场灾难，但是实际上，这样一个体系只会使科学具有更大的价值，肯定也会对他们有利。兽医从业人员也反对扩大农业研究，特别是在向农场主们提供咨询意见这个切身问题

148 上。正是由于缺乏考虑周密的科研政策，才使得这些无知的既得利益集团发展起来，不过在这方面，科研工作只不过是遵照生产组织现有紊乱状态的常规照章办理罢了。

政府由于政治和经济上的原因，也极其不愿意积极参加科学的应用研究。如果一所政府办的实验室得出了可能有商业价值的成果，它是无法加以利用的，或者不如说，它是绝对不能向厂商出售这个生产方法或者自己加以经营的。有这么一个总的原则：除了战时军事需要，政府部门在任何情况下，都不得同工业企业进行生产竞争。*其不可避免的结果是，政府所办的科研机构对科研成果的应用几乎采取完全消极的态度。它们缺乏扩大应用的任何动机，因而它们往往只限于研究各厂商具体要求研究的课题，尤其是为工业生产中某一公认的困难寻找补救办法之类的课题。所以除苏联之外，政府科研工作既不能推动新科学成果的应用，也无法对已有的此类应用加以合理的控制和指导。

各工业行业之间的竞争 除了工业中的竞争和垄断的单纯影响之外，还有其他因素影响到科学的应用。虽然有效的垄断可以在整个一个行业内部防止竞争，可是在行业与行业之间仍然存在竞争。这种竞争本身时而有利，时而不利于科研成果的有效应用。假如消费者个人和企业的需要固定不变，工业的任何部门就没有改进产品质量的任何动力。在传统工业存在的漫长期间，这种平衡的状态最终是可能达到的。在其中各种原料或工具都适用于一种用途，而且仅有这样一种原料或工具适用于这种用途。在另一方面，在工业不断发展的条件下，由于各种原因，人们愈来

* 医学研究委员会通过它主办的化学治疗研究工作而部分地打破了这条清规戒律。它这样做引起了相当大的反对，其理由是：这属于化学工厂的专门业务范围。

愈倾向于使用几种有选择余地的原料，而且供应这些原料的各种产业必然是相互竞争的。在这种竞争中，就要依靠改进质量或降低价格而取胜，因而就有了进行科研的动力，以便向竞争对手争夺市场或者至少在其中保有一份儿。不幸，问题并不就这么简单。149
旧原料生产者地位巩固，有恃无恐，在竞争对手出现之前一般不会想到进行科研工作。其结果可能是：在他们还来不及研究和改进自已的生产方法之前，他们就可能遭到损失或者面临关闭。在上一世纪，靛青的土著生产者和收购、分销他们产品的商人就是由于苯胺染料的出现而这样地迅速破产了。据说有一百万印度农业劳动者因此饿死。*不过随着销售的合理化和对产量所进行的生物学的研究，天然的产品从长远看来会不会更加便宜，还是很难说的。在某种程度上，人们已经明白这个教训了。例如，虫胶工业由于合成塑料的出现而受到了威胁，现在正花一笔钱去研究改进虫胶产品以及可能开辟的新用途。不过要在销路下降的基础上来维持这种研究是特别困难的。

在另一方面，由于有各种完全独立的金融集团生产各种供选择的产品，就产生了这样的情况：为了本行业的人们的利益而增加每一种产品的产量，毫不顾及这种产品在平衡的结构中应占有什么地位。例如，水泥和钢铁工业在房屋建造领域里进行了极其纷乱的竞争，但却没有一个公正的中央机构来确定用于各种用途的钢铁和水泥的最好比例。当建筑学会或其他学会作出此种估计时，要是估计数字不利于任何一个有关行业的利益，就不可能被采用。行业之间的竞争给科研带来的主要困难是，它使科研部门化了，妨碍了可以产生最丰硕的新成果的各种应用科学之间的充分

* 见克劳瑟，《科学与生活》，第33—34页。

相互作用。这种类型的竞争本身就是对现行经济制度的谴责。这个制度在本质上就无法为了人民的利益而对整个生产加以规划。政府干预代替了这种规划，可是这种干预几乎总是支持竞争的这一方或另一方。*在苦心制订关税、定额、强迫合并、销售等整套方案时，人们很少或者根本不考虑开展科研工作，以便改进产品或降低对公众的售价。这个事实说明，政府在这方面是怎样不顾及公众利益。

经济民族主义和科研

不过，在最近的所有倾向之中，经济民族主义的发展，对应
150 用科学成果为人类造福，危害最大。经济民族主义就是使用一些非经济因素，尤其是政治控制手段，通过保护主义、津贴或操纵货币，来保护和扩大各资本主义国家各种工业的市场。显然，从商业观点来看，通过政府干预更容易取得通过科学研究可以取得的成果，而且还有使有关企业不费分文的好处。政府干预的直接效果和垄断的效果一样，那就是减少了改进生产的动力。而且还有坏得多的效果。其中之一，就是把科学研究越来越多地应用于军事目的。我们将另辟一章，专门加以讨论。另一个效果是，经济民族主义妨碍了科学的国际性质。它首先妨碍应用科学研究，接着又妨碍了基本科学研究。在实行经济民族主义的国家中，科研成果只是一个国家的财产。

各国企业界内部的保密制度本来已经就够糟糕了，而现在这

---

* 政府多次迅速改变它对从煤炭中提炼石油的不同方法的相对价值的政策，可以说明这一点。

种保密制度竟然变成更加危险的国家保密制度。各国都进行类似的研究工作，虽然研究工作的内容不可避免地会泄漏出去，这还是意味着重复劳动。在两处以上的地方进行同一工作(在两处同时进行工作可以由于起相互核对作用而被认为是合理的)不仅使人力分散，而且使人们无法通过自由交往、相互促进和交换意见而得到额外好处。科学上的经济民族主义的必然结果是使科学家变成国家的仆人、或者更准确地说，变成国家的奴隶，科学本身则变成国家宣传的内容之一。我们已经听到过德国物理学界的状况。从长远看来，这种状况是最能毁灭科学了)(参看边码第210页及以后)。保密的实际弊病已经是够糟糕了，保密给科学家本人和给他们的工作作风带来的损害就更其严重了。猜疑和追求私利变成风气。由于不能通过出版著作和自由议论加以制约，最荒缪的内容也可能得到官方的同意。教学将变成向人们传授奥秘的手段，科学将堕落为罗马帝国衰落时期的那种神秘的炼金术。科学内容也可能更丰富一点，实际应用方法还可能保存下来，不过它会象在中世纪那样，悲惨地丧失了解开未知之谜的力量。

保密　在现代科学发展的同时，就有人坚决反对保密。列奥弥尔在他的著作《把锻铁炼成钢的技术》中，再清楚不过地表明了这一点。他在书中公开发表了自己通过实验得出的制钢原理，虽然这一直是二三千年来制钢行业的秘密。为此他说了下面的话为 151
自己辩护，这些话是值得详细引述的：

“我荣幸地要加以回答的这些完全相反的责难，都是人们在科学院大会以后向我提出来的。有人对我发表了不应泄露的秘密感到惊讶；还有人本来希望：保有这些秘密的只限于那些有可能利用这些秘密的公司，它们不但为自己的利益而工作，而且为整个王国利益而工作。第一种想法中包含的情绪

是不够崇高的，甚至不足以使持有完全相反的意见的人觉得自己有什么可以自豪的地方。这种情绪不是甚至违背了天然的平等吗？我们真的可以肯定我们的发明完全属于自己吗？我们真的可以肯定公众对它们毫无权利，它们也丝毫不属于公众吗？我们大家是不是应该争取为社会的共同福利作出贡献？这难道不是我们的首要义务吗？凡是能够作出一点贡献而却没有这样做的人，凡是仅仅说几句话就能做到这点，而却没有这样做的人，都是没有尽一个基本的义务，而且是在最可鄙的情况下没有尽这个义务。这个原则既然肯定下来了，那末还可以根据什么情况说我们是自己发明的绝对主人呢？

"的确，人们长期以来一直在埋怨公众忘恩负义，说公众甚至也不肯以赞美之词来报答向他们透露的科学原理。凡是没有揭露出来的东西总是被视作神妙非凡，一旦泄露之后，人们就说：'也不过是如此罢了'，他们是想说明自己以前早就知道了。连最最轻微的蛛丝马迹和一点点的相似之处都要被用来证明这一点。这就为各类学者们提供了对知识加以保密的借口，其余的人也根据这个理由故弄玄虚要使人们付出高昂代价才能得到这些东西而且觉得乐趣无穷。这些怨言是由于公众的不公正态度而产生的。但是，即令人们所抱怨的事情象某些作者所说的那样确有其事而且很普遍，人们是不是就有理由不让大家知道可能有用的东西呢？医生有时也难以希望某些病人报恩，甚至明知他们一贯忘恩负义。可是在危急情况下，医生是否有权利拒绝拯救这些病人呢？精神上的优点难道不如身体上的优点重要吗？得到应有的重视的知识难道不是最最确实的财产吗？我还要说，我感到：凡是不尽可能

清楚地发表自己的研究成果、仅仅说明一部分内容而让人家去猜测其余内容的人，都应该负浪费读者时间的责任。我希望人们不会钦佩那些与其说是要使自己有益于人类，不如说是要沽名钓誉的人。……

“现在来回答我方才说过的第二个反对理由。有人不同意公布这本回忆录所探讨的新发现；他们本来希望把这些发现保留在本王国范围之内；希望仿效我们的某些邻国向我们提供的保密范例——我认为这是不足为训的。我们首先要对祖国尽责任，不过我们也要对世界其余地方尽责任；为促使科学和技术臻于完善而工作的人们，也必须把自己看作是全世界的公民。总之，假如这本回忆录所记载的研究工作取得了我当初开始工作时想要取得的成就，可以说再没有什么国家能得到象本王国所得到的那么多的好处了；它在将来完全可以不必再象目前这样从国外输入纯钢了。不过这要假定我们 152
不会忽视利用自己的资源，我们往往是会忽视这一点的，而且还要假定我们不会虎头蛇尾，不会轻率地着手进行努力又同样轻率地放弃我们的努力。”*

他在这段话里显出自己既是一个真正的科学家，又是一个真正的爱国者，他提出的两个原则——科学原理的发现者的工作成果属于整个社会以及科学和技术工作者是世界公民——此后就一直是科学和社会之间的关系的指导原则，直到目前才再度处于危险之中。

民族科学的观念当然也同现代科学本身有同样悠久的历史；英国的皇家学会，法国的科学院，普鲁士和俄国的科学院都是为

* 原注的内容系该段法文引文的英译文，兹从略。——译者

了培养国内有科学才能的人而创建的，而且也十分明白地说明是为改进国家的贸易和制造业而创办的。但是在早年，由于科学家有在国外居住和工作的更大自由，由于鼓励科学，鼓励公开出版科学著作会使国家统治者得到威望，这些危险都得以避免。目前的危险是：念念不忘紊乱的经济、念念不忘准备总体战争的政府，都从最狭窄的经济意义上来看待科学的价值。研制代用品以取代来自国外的工业原料和食品变得极端重要了，这种情况也不仅限于德国。由于这在合理的世界经济中是没有必要的，它其实是不幸地把科学创造发明力量引上邪路。科学研究就象政府本身一样深深受到了巨大的垄断企业的控制，科学的自由公开活动的传统很可能抵抗不了要把科研工作引向这种目标的巨大压力。

国际垄断组织　经济民族主义倾向在某种程度上，被设立国际垄断组织的倾向所抵消了。更准确地说，这些国际垄断组织就是由国内垄断公司自愿组成的国际联合组织或者卡特尔，其合作范围通常仅限于确定价格、通过协商划出排外性的销售区或者通过协商共同利用销售组织，而特别重要的是分享专利和产品制造秘密。属于同一卡特尔的不同企业的实验室按理应该互通声气，至少它们的研究成果是可以彼此加以利用的，不过实际上，大部分科研工作往往是集中于卡特尔组织中的一家企业，其余的企业几乎完全依赖这些企业所取得的成果。例如，在化学工业中，
153 卡特尔的德国成员I. G. 法本化学公司所从事的研究工作要比任何其它化学工厂都多。1935年，法本负责发展555项新的有专利的生产方法，杜邦负责508项(1936年)I. C. I.（帝国化学公司)仅仅负责270项。但是世界性的国际卡特尔正逐渐地而且肯定地被政治上与各强国集团有联系的有限的工业集团所取代了。在这些工业集团内部，进行了一些科学和技术情报的交流，但是各

工业集团之间的竞争却随着保密和互不合作的相应发展而愈演愈烈。实际上，我们现在看到的情况是：大家正把科学和技术动员起来，以准备即将到来的战争。除此之外，还有我们要在下一章中加以研究的直接涉及备战的各个方面。

工业科研工作走上邪路

迄今所讨论的大多数因素都是有碍于科学成果的有效应用的因素。但这仅不过是一部分情况而已。科学研究成果的应用不仅在数量上受到了限制，而且在性质上也受到了限制。我们的现行经济制度所特有的有效需求的性质，使整个科学应用研究完全走上了邪路，因而也是使整个科学研究完全走上了邪路。从造福人类的观点看来，大家对于生产资料和重工业过于重视，对消费资料和普遍福利过于忽视。即使进行了这类科研工作，它的效果也往往由于商业上的考虑而化为乌有。*

这一点特别适用于消费品生产方面的研究。使用消费品的公众没有什么技术知识，最容易受广告的欺骗。对于消费者，商业的目的并不是以最低廉的价格供应质量最好的商品，而是以竞争的限制条件下所能维持的最高价格，供应最低贱的商品。目前消

---

* 朱利安·赫胥黎在《科学研究和社会需要中》(Scientific Research and Social Needs)提到这一点：

"在我国进行的大部分科学研究都是从生产出发而组织的——也就是说，组织和筹划科研的目的在于改进技术生产方法的效率并为生产者或国家减低费用。应该组织多得多的从消费出发的科研工作——面向既是个人又是公民的公民个人的需要。……当然，从消费角度进行的科研还是有一些的——科学和工业研究部辖下的一些研究委员会所做的大量工作就是属于这种性质的——例如关于建筑或无线电的研究，当然还有大量的医学研究。可是由于科研工作普遍侧重于生产，人们根本没有去研究或者仅仅零零碎碎地研究其他问题"(第256—257页)。

费品生产的主要倾向是：生产那些由于具有各种讨人喜欢的外表而最容易推销的商品，而不是生产最耐用最经济的商品。这些商品还必须能够尽速用坏，以便防止市场达到饱和状态，以便尽量增加生产，满足消费者重新购置的需要。工业科研工作目前的主要实际目的是生产品质低劣和容易出售的商品，例如，象汽车这样的典型产品，看起来在过去短短几年中，似乎已经大大改善其性能并且同时降低其价格，可是这方面的成绩却远远地赶不上新
154 式大规模生产方法所可以做到的程度。它的各种改进也不足以使车主得到最大的方便和支出最少的费用。制造厂除了有意识地把汽车的耐用性和便于修理的优点尽量保持在最低水平，甚至还加以降低以外，由于要使汽车行驶平稳和速度高，还牺牲掉经济和效率。在技术上的确有可能生产出价格和维修费用减半的汽车，而且还能够使它的耐用程度达到目前生产的汽车的两倍。但是有人认为，这会使汽车市场整个垮下来。这种想法可能是十分错误的。*在这种情况下，汽车生产的科研大体上走上错误的道路，就不足为奇了。

满足中间生产厂商和一般消费者需要的各行业的科研工作也面临重重困难。我们可以拿无线电电子管的情况作为一个有趣的例子。为了保证电子管有销路，就必须保证电子管性能良好，既然保证电子管性能良好，就必然使制出的电子管的使用寿命相当于其所装配的收音机的寿命或更长一些。但这样做的结果，电子管制造厂就无法向广大消费者推销大量的电子管，它向收音机制造厂供应的电子管的数量就不得不减少，价格就不得不大大降低，再不然就得自行生产收音机。这种情况只能鼓励人们从事降低产品质

---

* 《明天的工具》(Tools of Tomorrow)，诺顿·伦纳德著。

量的研究，而不是改善产品质量的研究。

直接消费品生产的研究工作大体上也是如此。就专卖品而言——消费品中的越来越大的部分是专卖品——由于商标繁多和广告宣传大吹大擂，消费者实际无从作出自己的选择。附带说一下，这个趋势正迅速地把正统经济学的最后基石之一冲走了。在这种情况下，科研本身往往变成了广告的一部分，被用于非常庸俗的目的，即使不是彻头彻尾的欺骗目的。我们不是常常看到推销某种牌子的香烟或专利食品的广告上画着一个身穿白大衣的科学家，俯身观看显微镜或者眼睛盯着一只试管吗？人们往往在想：要是可以让这些人公开说话，他们自己会说些什么呢？不过美国的消费者研究委员会所做的工作却说明只要花费极其有限的资金也可以做很多的工作。在这里，这个团体向自己的成员提供了一些关于市场上各种产品的相对功效的准确情报并且把骗人的牌子暴露于光天化日之下。但是由于禁止诽谤法的阻挠，它无法向广大消费者提供这种出色的社会服务。欺骗公众的合法阴谋在我国要更加奏效。有害而无用的专卖药品可以风行多年，因为为了安全起见，这些药品的已知的成分是揭露不得的*。而且在法律后面还站着依靠广告收入的报界托拉斯。就连英国医学协会要刊登 155
一则极其温和、很不容易引起反感的广告，提醒人们注意提防饮用未经消毒的牛奶的危险性，都遭到大部分大报的拒绝。其实只要单单从目前的巨额广告费——约为全部科研经费的五十至一百倍——中拿出一部分钱来进行科学研究，来了解哪些类型的产品最叫人满意，就能越来越不费力地增加人类福利。不过在目前这种想法还只是空想，追求利润的生产使科学成果的应用研究走上

* 见《事实》(Fact)第14号，在其中首次有力地暴露了关于专卖药品的丑闻。

极其错误的道路。单是增加应用科学研究的经费或组织效率本身，是无法大大地改善这种局面的。虽然我们惯于把目前看作是科学得到越来越重要的应用的时期，不过同现有的知识和人力可能产生的效果比较起来，也许目前的科学应用研究比过去三百年来任何时期都更加不能令人满意。只有在发展科学的同时，把生产方法重新用于增进人类福利而不是用于增加利润，才能改善这个局面。

科学和人类福利

所有这一切当然都取决于一项假定：把科学迅速加以应用就能增进人类福利。这正是浪漫主义的反动派和保守主义的经济学家竭力反对的论点。浪漫主义的反动派立论的出发点就是全盘反对目前的科学成果，因而也就是反对科学本身。他们所以反对科学是因为，他们一方面厌恶当代文明的肯定无疑的弊端——恶魔似的吃人工厂、失业、乡村的破坏——另一方面通常又从宫堡而不是从茅舍看中世纪世界，从而把中世纪世界理想化。因此，他们在思想上矛盾重重。不能区别科学的必要作用和它在资本主义制度下的弊端是很自然的。科学所遭受的摧残以及科学发展的可能性，如果没有人清楚指出，是不容易看出的。在苏联，科学已被应用来为人类造福，并已取得效果。但是，有人却不予报导，或加以歪曲宣传，力图掩盖这方面的确凿证据和实例。但是不论是分析或是实例似乎都不可能影响这些浪漫主义者反对科学的态
156 度。他们自觉地反对理性思维，他们成见过深，无法晓之以理。要不是因为法西斯主义利用他们的论点作为蛊惑青年的宣传核心的话，我们原是可以对他们置之不理的。

保守主义的经济学家则提出了一个合乎理性的、不过却是十分奇怪的论点，说由于把科学成果迅速加以应用，造成了飞快的工业上的变化，打乱了现有的经济制度。他们认为，目前的经济制度是再好也不过了，它不可能出毛病，需要减少的是科学所带来的令人痛苦的后果——附带说一下，这也是同一经济制度的一个组成部分。需要按照这个制度的吸收能力把技术进步的速度放慢下来。不过要是把问题说得这样赤裸裸，就容易使现行制度本身遭到攻击，于是人们就不得不把技术改进所必然引起的经济失调现象以及技术改进给保守的人性或社会带来的负担当作限制技术进步的理由。

据说把科学成果过于迅速地加以应用会引起三个主要后果：技术改进带来的失业，高额废弃费用和经济不稳定。此外，人们还认为，科学成果的应用可望带来的富足是空的，因为它仅仅考虑到技术因素，而没有考虑到经济因素。没有人否认社会上存在失业和不稳定状态，而不存在富足状况。不过科学成果的应用与此有多大关系却是另一回事。无疑这些都是科学对一个无法吸收它的成果的社会所产生的影响。不过可以直接算在现代科学的帐上的却只是其中比较小的一部分。

技术改进带来的失业　斯坦普勋爵决不能说是一个主张迅速发展工业的人。他却认为，人们过分夸大了科学所引起的失业：

“在任何特定时候，科学的冲击总是会使某些人失业，不过与此同时，也有一些在过去的冲击下失了业的人陆续获得建设性的就业机会。但是人们容易夸大技术改进带来的失业人数的净差额。因为工业失调有许多原因，与科学毫不相干。式样改变、资源枯竭、人口增长率的差别、关税和税率的不

断变动，由于货币原因和其他原因而产生的心理性的景气和萧条以及其他原因都会影响平衡，因而也都会使某些地方的失业人数有所增减。

我们对失业的分析使人清楚地看到：失业也同资本积累一样，是由许多因素所造成的。最近的一个官方报告表明：即使在繁荣时期，也会有意想不到的失业人数或失业率。我们现在已经知道：某一地区可以有百分之八或百分之十的失业率，但却可能缺乏所需的劳动力。例如，在英国，在我们
157 应该称之为好年头的年代，也可能有足足一百万的失业人口——这便是我们为了保持在业人员的高标准生活而付出的一部分代价。因为，一种实际工资水平可能很高，以致并不是每一个人都能在那一工资水平上就业——虽然这决不是失业的全部经济原因。上述数字之中大概有二十万人在通常情况下实际上是无法雇用的——即所谓“老失业者”。也许有七、八十万人形成一个经常存在的人群，其成员不断发生变化，其中包括的工人都随着其季节性的职业不断改变其工作岗位、处所和行业——这些都是由于各种原因而产生的“游离”失业人员。我敢说，在这个数目中，单单由于科学发明这种特别令人不安的因素而失业的人不会超过二十五万人。

这便是可以算在科学帐上的最大罪状，战后时期之类特殊时期除外。在战后时期，由于新的科学发明的通常应用在战时耽搁下来，所有拖延下来的技术改革大有纷纷上马之势。当然，在任何特定时刻，根据新生产方法超过它所取代的旧生产方法的潜力计算出来的由于技术革新原因而失业的人数，似乎要大得多。不过这是毛数，必须从其中扣除由于利用科学成果生产新产品或扩大旧产品生产而增添的人员。

假如我们要提出在任何时刻都要科学负责的那一部分游离失业人数的话，那就是由于采用新生产方法而减少的总人数，加上由于需求方向改变而裁减的人数，再扣除由于生产新需求的商品而吸收的新就业总人数。当我们看到原来由十个人操纵而现在由一个人操纵的机器感到惊惶时，我们应该记住这一点。”——《社会调整的科学》第41—42页。

二十五万人为数不算少，然而这只是好年头失业人数的六分之一，或坏年头失业人数的十分之一而已。因此，在这方面，更重要的似乎是补救经济制度中的主要不稳定因素，而不是设法阻止科学的进展，而且无论如何，这二十五万人是科学在人们没有进行任何努力来调节在旧式生产中损失的劳动和在新式生产中增加的劳动的条件下所造成的失业人数。正如斯坦普勋爵所说的那样：

“大可以假定：总的说来，整个社会由于科学迅速发展得到的好处足以弥补其所造成的损害。不过社会并没有自觉地设法调节变革速度，使损益的净差额达到最适宜的程度。”——《社会调整的科学》，第45页。

如果在一个合理的经济制度中，通过有条不紊地采用新生产方法——或许通过使用在下一章提出的某些办法——来明智地处理这个问题，那么技术改进引起的失业就可能完全消除。*

设备废弃费用也是这样。它主要是为新生产方法筹措经费和 158
引进新生产方法的混乱办法造成的。这些办法并不是无法改变的，不过斯坦普勋爵和一些最保守的经济学家们却似乎认为：这

* 温特罗布在《技术发展趋势》第78页以下，试图对美国因技术改进而引起失业的规模进行一次有趣的估计。他估计：由于技术改进而失业的工人人数是不断变动的，在萧条情况下，其人数可能增加到就业人数的百分之十四。

些办法是不可改变的：

“科学家往往以这样的态度来看待实际应用的问题：仿佛为了社会利益应该加以考虑的唯一因素就是尽快地加以应用。他们把垄断组织或统一经理部由于地位不同而可以‘阻挠’新发明的应用看作是对科学的摧残。所以有人说：‘设备废弃的危险是科学获得根本性应用的巨大阻力。大企业对生产结构往往持过于僵硬的态度’。假如所说的废弃是成本的一个实际因素，不论是什么形态的社会，即使个人‘利润’刺激力已不复起作用，人们在计算过渡费用时也会把它考虑在内。用拐带方法是不可能把它拐走的。”——《社会调整的科学》，第42—43页。

除了改变经济因素之外，有两个技术措施可以大有助于把废弃费用“拐走”而又不至于妨碍新发明的应用。一个办法是建立保育工厂或试验工厂，来发展生产革新项目，直到能将其投入正式生产的阶段为止；另一个办法是有意识地灵活地设计工业设备，以便在资本损失最小的情况下进行改建。我们将在第十及第十二章中讨论这些问题。甚至科学的最危险的敌人也无法把目前社会制度在经济上的不稳定直接归因于科学。不过他们的攻击中也包含一点真理。那就是：现行经济制度和科学进步不能再并肩前进多久了。要末把科学加以扼杀、使现行制度本身在战争和野蛮状态中消灭，要末对现行制度进行改革，让科学继续进行自己的工作。

不可能做到富足　　保守派经济学家的根本性的理由是：科学成果的应用看来可以带来的福利只是空想；虽然在技术上可以做到这一点，它却受到了科学家所不容易看出的经济和政治原因的阻挠：

“科学家认为，如果有一种社会能更加迅速理解科学的

好处、更乐于提供所需的资本、更乐于为脱节现象付出任何代价，因而更乐于调整社会结构，那里就有极其巨大的潜力等待着人们加以采纳以造福于人类。我们可以为这些潜力列出一张长长的清单。无疑，只要社会有进行改革的思想准备，它就会更加迅速地进展。不过，采纳人们决定要采纳的各种东西的不同方法之间是有真正区别的，而且还有一个更为重大的问题——更加彻底的采纳问题。我们能够在多大程度上缓和目前技术革新数量的冲击力，我们就能够在多大程度 159*
上应付更大的数量或更快的速度。除非大部分科学发现同利润动机不相冲突，值得人家费心把它们供应给社会，或者除非社会有了足够的科学头脑，愿意把这种特殊的需求包括在一般商业需求之内，或者用它来代替其他需求，否则一切都会照旧不变——潜力永远不能成为现实。……

科学家清楚地看到：要是政治家更明智一些、要是商人更无私一些，而且有更大的社会责任感、要是政府更大胆、更有远见而且更有灵活性，我们的知识就能更为彻底，而且能迅速地用来大大提高生活和健康标准——这样就能够避免科研与应用之间的巨大时间差距，我们就能为社会目的而工作。朱利安·赫胥黎博士说过：这就意味着'用对社会负责的机构来代替目前对社会不负责的金融控制势力'。这显然也需要大大改变社会结构和目标以及它的成员的职业和先入之见。……

可以设想，有了社会主义性质的社会组织形式，就能够排除某些失调现象，即由于采用新发明的风险和好处不是由

---

* 原书160—164页为注释，中译本改排为脚注，页码从略。——编者

同一人承受而产生的失调现象，而且能够在顾及投入的资本、技术和当地利益的情况下，研究出理论公式来确定吸收科学发明的最有利的速度。只要指出一点就够了：需要有Tour de force（高超的）想象力，才能设想这种社会组织形式可以发挥作用，而又不致于严重影响经济进步的主要特征：即消费者可以根据自己的需求作出个人选择；而且还需要有同样高超的观点，假定社会组织形式和政治家的智慧都可以达到完善的境地。不过在唯一能使科学发现起充分作用的国际关系和对外贸易范畴内，这种社会组织形式则要求产品的产量远远高于目前能够达到的水平。”——《社会调整的科学》，第48—52页。

用这些论点来论证人们在资本主义社会中不可能达到富足，也许是没有争论余地的，不过如果用这些论点来论证人们在社会主义制度下也不可能富足的话，那么，苏联的实际经验就早已驳倒了这些论点。上述的种种困难也许使社会主义制度不能很好地或马上起作用，但是它是能够起作用的，而且的的确确在起作用。斯坦普勋爵认为通过科学成果的应用不可能做到富足的基本论点是：有效的需求不会大于目前生产的商品量，而且随着人口减少和海外出路的割断，它一定会变得更小。这种论点中始终暗含着一项假定：现行经济和社会制度会继续存在下去。我们认为，有效需求的性质是从现行制度中产生的。人们是很需要东西的，可是这个社会制度却不让他们赚钱去买，人口所以减少是因为人们对前途不抱什么希望而且忧虑重重。达到富足的阻力是的的确确存在的，不过这些都是政治和经济阻力，而不是技术性质的阻力。只要有决心和理解力，这些阻力是可以克服的。

第七章　科学和战争

科学在战争上的应用是一个十分重要的问题，以至必须专门加以研究。科学家们和普通大众近来开始认识到：科学事业有很大一部分被用于纯破坏的目的，而且现代战争的性质由于应用了科学发明，已经变得空前可怕。例如我们知道：在英国，政府每年耗于军事研究的金额将近3,000,000镑，比其他类型的研究费用总和的一半还多，而且其他类型的研究不少也具有直接或间接的军事价值。具体说来，单是用于研究毒气的金额就几乎等于政府用于医学研究的全部拨款。在几乎所有国家里，科学家们被征召为军事工业工作，而且被归入在战争到来时从事各种军事工作的人员之列。这一切似乎都是可怕的新情况，但是科学与战争之间的联系决不是什么新现象；新奇的是，大家已经普遍认识到这并不是科学应有的功能。

科学和战争在历史上的关系

科学与战争一直是极其密切地联系着的；实际上，除了十九世纪的某一段期间，我们可以公正地说：大部分重要的技术和科学进展是海陆军的需要所直接促成的。这并不是由于科学和战争之间有任何神秘的亲和力，而是由于一些更为根本的原因：不计费用的军事需要的紧迫性大于民用需要的紧迫性，而且在战争中，新武器极受重视。通过改革技术而生产出来的新式的或更精良的

武器可以决定胜负。自古以来就是如此。我们知道巴比伦人的军事工程是十分精巧的；事实上，工程师这个词最初就是指军事工程师；因为当时并没有其他工程师。在希腊，技术比较落后，数
166 学因为可用于军事用途而受到重视，不过，从我们所引证的柏拉图著作中的那段话（边码第12页）可以看出，这些用途是有限的。

在亚历山大里亚时期，人们更加自觉地把科学应用于战争。亚历山大里亚城博物院集中力量来研制和改进攻城机器和石弩。不管阿基米德是不是真的发明了远距离燃烧镜，一个为一座小城市统治者效劳的数学家需要完成这样的任务仍然是意味深长的。不用说，由于科学帮助满足了战争的需要，战争需要也同样地帮助了科学事业。首先，战争需要提供了金钱来养活科学家，其次，战争需要提出了一些难题，促使科学家把注意力集中在这些问题上面，并且在实践中来检验自己的科学猜想。

火药　随着火药的采用或发明，在中世纪的衰落时期，科学与战争之间产生了一种新的重要联系。火药本身是人们对盐类混合物进行一种半技术、半科学性质的研究的产物。火药的采用对军事技术产生了显著的影响，而且还通过军事技术对经济发展产生了显著影响，帮助促成了封建制度的解体。战争变得越来越费钱，而且需要多得多的技术。这两种需要都对市民和他们所支持的国王有利，而对贵族不利。职业军人对火药在理论上并不欢迎。弗鲁瓦萨关于克雷西之战的描写为此提供了一个有趣的例证。其原文如下：

“英国人仍然毫无动静，而是发射了他们拥有的一些射石炮去吓唬热那亚人。”

在后来的一种版本中，弗鲁瓦萨为了讨好英国宫廷，把有关射石炮的字样全部删掉了。他觉得，由于某种原因，这会使英国

人显得不光明正大。这便是传到后代写在我们学校课本中的那段记载。这段记载所大力宣扬的是英国弓箭手的英勇精神。从这里可以看出，军人阶层抱着鄙夷的态度利用技术人员，并不是什么新鲜的事。

火药后来在许多方面促进了科学。提高火药质量、改进大炮构造、提高射击准确率的需要不仅为化学家和数学家提供了生活出路，而且这些需要所提出的问题变成了科学发展的焦点。爆炸的化学反应过程促使人们去研究燃烧的性质和气体的特性。这方面的研究后来就成为十七和十八世纪现代化学理论的基础。爆炸现象的物理学问题促使人们去研究气体的膨胀，并从而促成蒸气 167
机的发明。不过更直接的原因是因为人们看到把炮弹从大炮中推出去的巨大力量，因而想把它用于较为温和的民用目的。大炮的制造为冶金业和采矿业提供了一个巨大推动力，而且相应地推动了无机化学和冶金学的发展。德国南部和意大利北部十五世纪的巨大技术发展，主要是战争对大炮和贵重金属的集中需求所引起的。当时，在德国南部和意大利北部，各种机械工业基地、资本主义经济和现代科学都应有尽有。*

大炮和文艺复兴　炮弹的飞行给人带来的新的力学观念，至少具有同等的革命作用。在大炮出现以前，根本不可能有现代力学。过去，人们认为，一个物体只有在被人不断地推动或自然落下的时候才会移动。随着大炮的采用，人们第一次同这种观念决裂了。那时，布里丹以为：一个抛射体具有一种新的力量，反之亦然。一些炮手和数学家把这一见解进一步加以发展。这些人

* 阿格里科拉和比林格塞奥这两位十六世纪早期的主要采矿和冶金专家都对产品的军事价值给以极大的注意。

中包括了两个最伟大的科学家列奥纳多·达·芬奇和伽利略。他们两人都直接参预军事事务。列奥纳多写给米兰公爵的一封求职信是一个可以说明科学家与战争之间存在必然联系的典型例子：

“最杰出的先生，我已经看过而且研究了所有自称为军器发明技术大师们的试验，而且发现他们的设备与普通使用的并没有什么重大差别。我特向阁下报告我自己的某些秘密发明。兹将其一一简述如下：

(1) 我有一套建造轻便桥梁的方法.这种桥梁便于运输，可用于追击或击溃敌军；还有建造其他比较坚固的桥梁的方法。这种桥梁不怕火烧刀砍，易于升降。我也有办法烧毁敌人的桥梁。

(2) 在攻城时，我知道怎样排去护城河的水流和怎样建造云梯之类的设备。

(3) 又；如果由于敌方阵地居高临下，十分坚固，无法加以炮击，只要敌垒的基础不是岩石构成的，我自有办法埋设地雷炸毁敌垒。

(4) 我还知道怎样制造轻型大炮。这种大炮易于搬运，可以射出燃烧物，燃烧物发出的烟雾可以使敌军丧胆，造成破坏并引起纷乱。

(5) 又；我可以悄悄地挖掘狭窄而弯曲的地道，通往无法到达的地方，甚至可以通往河底。

168 (6) 又；我知道怎样建造坚固的带盖的车辆，把大炮运进敌军阵线、不论敌军如何密集都无法加以拦阻，步兵可以安全地跟随前进。

(7) 我能够制造大炮、臼炮和投火器等等，其外形既实用又美观，与目前使用的都有所不同。

(8) 在无法使用大炮的情况下，我可以改用石弩和目前还没有人知道的其他巧妙的投射武器；总之，凡是遇到这种情况，我都能不断想出攻击的办法。

(9) 如果进行海战，我也有无数用于攻守的最厉害的武器；有防弹防火的船只；还有火药和易燃物。

(10) 我自信在和平时期，在建筑方面、在建造公私纪念碑方面、在开凿运河方面，我比得上任何人；我会雕塑大理石像、铜像和泥像；我在绘画上也不比任何人差。我尤其愿意负责雕刻永远纪念你的父亲和十分杰出的斯福萨家族的铜马。要是你认为上述事项中有哪一些办不到或者不切实际的话，我愿意在你的花园或阁下乐于选择的任何其他场所当场试验。我卑恭地自荐如上。"——《大手稿》(Codice Atlantico)，第391页以下。

列奥纳多在笔记本中记下的大量有关军事的数据说明他的主要兴趣在于军事。他的主要兴趣究竟是不是这样，那是无关宏旨的。在这里有关系的是：只是靠了自称有这么大的军事才能，他才获得了那么重要的职位。伽利略自己就是帕维亚大学的军事科学教授，而且他所以能够把自己发明的望远镜卖给威尼斯元老院，完全是由于它在海战中有用处。*不过早期的科学家们有时也对自

* 例如，我们在他的书信集第一卷中发现了一封1609年8月24日致威尼斯总督列奥纳多·杜纳托的信，并且在他1609年8月29日写给他的朋友贝内代托·郎杜契的信中又发现了一段评论。

致列奥纳多·杜纳托的信中说："我制成了一只望远镜。这是一切海陆作战所必不可少的东西、是一件无价之宝。人们可以发现比通常远得多的地方的敌帆和敌方舰队，这样我们发现敌人就能比敌人发现我们早两小时以上。我们通过辨识敌船只数及其质量对其力量作出判断，就可以决定究竟是出击、迎战还是退避。……在陆上，也能从远处居高临下的地点看到广场、建筑物和敌方的防守工事，即使在旷野也可以明察敌方的一切调动和准备，对我们尤其有很大好处。此外，它还有一切有识别力的人都会

己的发明遭到滥用的现象感到不安；例如，为弹道学奠定基础的塔塔格里亚在为《投弹技术》一书所写的序言中写道：

"当我1531年居住在韦罗纳市时，我有一个亲密朋友是旧城堡的军械长。他是一个十分精通本门技术的有经验的

清楚注意到的许多其他用途。我认为它值得尊贵的殿下予以接受并作为有用的东西加以重视，所以才决心把它献给您，并请您对这一项发明作出决定——由您斟酌决定是否加以制造。"

致贝纳代托·郎杜契的信中说："鉴于这项仪器在海陆作战中会证明非常有用、而且鉴于尊贵的殿下亟欲得到它，我在四天前决定到宫中去，把它免费赠给总督。"

结果他拿到了1000达卡特（过去在许多欧洲国家通用的货币名称——译者）的薪金并被授予终身教授的职位。

霍格本教授在《大众科学》一书中，说这个故事是我告诉他的。他把这个故事和我在同时告诉他的另外一个故事混淆起来。另一个故事讲的是伽利略提出的利用木星的卫星来确定经度的方法。伽利略研究出这个方法是后来的事情。他在1616年方在一封信中第一次向西班牙国王提出这个方法。那封信中有下面一段话：

"简单说来，这是一项伟大而辉煌的事业，因为它涉及一个同完善地描述航海技术有关的十分高尚的课题。进行这项工作时所借助的手段是令人惊叹的——就是利用通过一种仪器所观察到的星球方位运动，这个仪器使我们的五官中最主要的感官大大完善起来。我为了此事已尽了最大努力。剩下的工作就不是我力所能及的了，因为我既无海港又无岛屿，也没有省份和领土，甚至也没有船只可以开到那些地方去。这是一个真正具有王者气派的伟大君王的事业。他通过对这件发明的赞助，可以期望为自己不朽的声名增光，让子孙后代看到自己的名字写在所有的海陆地图上。在今天世界中，再没有哪一个君王比西班牙国王更适于从事这项事业了。"（1616年11月13日，书信第1235号）

对方无法接受他的条件——他要求授予大公爵爵位并付给巨额金钱。因此，他晚年又写信把同一发明向荷兰联邦议会兜售——同样没有取得结果。这封信由于要诉诸民主情绪来打动荷兰人，同前函形成有趣的对照。

1637年6月致阿姆斯特丹的里阿利奥。

"我已经决定把它献给这些杰出的先生们，而不献给某个专制的君主，因为君主个人几乎总是不懂得这种机器，不得不倚重别人的意见，而这些意见往往是不大高明的。人类头脑中往往少不了一种情绪，即不愿看到别人超过自己。因此，没有头脑的君主对于别人向他提出的建议总是加以鄙夷。提建议的人不但得不到奖赏和谢意，反而招来麻烦与鄙视。但是在一个共和国中，考虑问题时要集思广益。在有权力的统治者当中，只要有少数人或甚至个别人对于所提议的事略有所知，就可能使其余的人有胆量批准并一致同意支持这项事业。"（第14卷）

人。他的天赋也极好。有一天他问我怎样瞄准才能使大炮具有最大的射程。我对大炮毫无实际知识，因为我一生中从来没有用火器、火绳枪、射石炮或者短枪射击过，但是我不想使朋友扫兴，还是答应很快向他提供这个问题的答案。（接着他叙述了自己着手解决这个问题的经过。）

结果，我就打算写出一篇关于炮击技术的论文，而且我 169
想只试验几次，就使这种技术达到完善的地步，使人们在一切情况下都能瞄准射击，因为亚里士多德在《物理学》第七卷第20节中说过：'个别试验是普遍性的科学的基础。'

可是在这以后，有一天我在独自思考想到这种技术可能损坏邻国、可能毁灭人类、特别是可能毁灭彼此之间不断发生战争的基督教徒，而我却想使这种技术臻于完善，我觉得这实在是一桩应该受到谴责的事，一桩可耻的事，一桩野蛮的事，应在上帝和人类面前受到严厉惩罚。因此，我不但把这种研究完全置诸脑后，转而从事其他工作，而且把自己关于这一课题的计算和笔记全都撕掉烧毁。我对于自己在这方面花费了大量时间感到羞愧和懊悔，决心不再为了讨好朋友或传授这类材料而把不由自主地留在记忆中的东西写成文字，因为这类题材是一种重大的罪过，是灵魂堕落的表现。"

不过由于土耳其人恰好在最最虔诚的基督教国王法国国王的挑动下，马上就要进攻意大利了，他又改变了主张：

"但在今天，由于眼看凶猛的恶狼就要冲向我们的羊群，而且看到我们的牧羊人已经联合起来共同防御敌人，我感到再把这些东西保密起来就不妥了，我决定把这些东西，部分书面发表、部分口头发表，以便造福于基督徒，使大家不论在进攻共同敌人的时候或者在抗击敌人进攻实行自卫的时候，都

处于更加有利的地位。我在此刻很后悔自己一度放弃这项工作，因为我确信，要是自己坚持下去，我本来会发现一些极有价值的东西，因为我仍然希望找到……我希望爵爷们不会轻视我的这本著作，以便更好地向阁下最杰出的政府的炮兵传授有关他们的技术的理论，并且使他们能够更熟练地加以应用。"

实际上，塔塔格里亚的著作和几乎所有弹道学家的著作对于炮击实践并没有多少实用价值，但它们却证明很有助于力学的发展。把根据炮击实践提出的问题得出的新的力学概念和天文学概念结合起来的工作还有待于牛顿去完成。当时，天文学本身由于航海的需要，正在积极发展，因而已经部分具有军事性质、部分具有商业性质。科学不仅在天文学和力学方面同战争发生联系；而且，现代物理学在很多地方还得力于盖里克所发展的真空技术和摩擦电。他是古斯塔夫斯·阿道弗斯① 在三十年战争中的总军需官。他利用自己的地位进行了大规模的试验。*

170 **战争和工业革命**　科学和战争之间的这种联系一直不断地维持到现代。现代化学之父拉瓦锡是法国兵工厂"火药管理处"的主管。法国炮兵学校是在十八世纪中唯一系统地教授科学的地方。十八世纪后期和十九世纪初叶的大多数伟大数学家和物理学家都是在那些学校里受业的。这类学校的另一个产物便是拿破仑。他是第一个受过科学教育的军人。这和他的成就并不是毫无关系的。十八和十九世纪的伟大技术发展，特别是用煤来大规模熔化铁的方法以及蒸汽机的采用都是规模越来越大的战争要求，

① 古斯塔夫斯·阿道弗斯是十七世纪的瑞典国王。他年青有为，称雄北欧，曾支持德国北部信奉新教的各邦同信奉旧教的奥地利进行长期的三十年战争。——译者

* 参看克劳瑟著《科学与生活》，第44页。

制造大量大炮的直接结果。蒸汽机气缸的精密镗孔工艺应归功于威耳金森的改进。正是由于这种精密的镗孔，瓦特的高效率的蒸汽机才变得同以前的气压机在实践中大不相同。而威耳金森所以能够有所改进，则是由于他在镗制炮管的过程中取得了经验。朗福德在同一领域中发现了热工当量①。这就为一切热力机提供了基本理论。

十九世纪　十九世纪初叶的长期和平使战争对科学的相对重要性(但不是绝对的重要性)有所减少。例如，蒸汽机车就是同军事需要关系不大的几项主要发明之一。染料的发展证明是和炸药的发展同等重要的推动化学进步的力量，虽然这两者的化学过程是密切相关的。不过将近十九世纪末叶、特别是在普法战争之后和帝国主义竞争开展以后，战争对科学的作用又开始再度变得越来越重要了。一方面，重金属工业愈来愈仰赖于大炮和军舰的定货，另一方面，人们还在建立新的化学工业，以便在前此无法设想的规模上提供炸药。大规模钢铁生产是一项对现代机械文明几乎比任何其他因素贡献都要大的技术发展。可是大规模钢铁生产却是战争需要所直接促成的。贝塞麦在1854年克里米亚战争开始时就发明了一种来复线大炮，可是却找不到经得起这种张力的铁，因而才去从事钢铁生产的研究而且大获成功，与此同时，交通运输工具电话、无线电、汽车运输而特别是飞机等等的改进，
使人们有可能一次调动和指挥几百万人，同时食品贮存方法和医 171
疗设施的改进，也使这几百万人可以不受饥馑和疾病的影响而生活多年。

① 科学史上一般认为热工当量是英国物理学家焦耳(1818—1889)发现的(见下页叙述)。朗福德则是在慕尼黑钻造炮筒时，观察到产生的热量和钻磨量或多或少是成反比的。——编者

直到经历过上次大战以后，人们才充分认识到这对战争来说意味着什么。在这以前，虽然有个别目光远大的科学家明白自己的工作正为人类带来怎样的前景，不过大多数人却认为，科学已经使战争变得如此恐怖，再也没有哪个国家想从事战争了，并以此自慰。发现热工当量的焦耳，对于科学对战争的贡献不抱什么幻想，不过他也和塔塔格里亚一样，在涉及本国的时候持保留态度。

"这些便是科学的正当目标。值得人们深深遗憾的是：科学又有了一个很不相宜的目标，而且这个目标的重要性还逐渐惊人地有所增加。这便是改进战争技术和相互残杀的工具。我知道，有人认为，这些改进会使战争的破坏力变得更大，因而往往会使战争打不起来。我认为持有这种见解的人毫无常识。我相信战争不仅会具有越来越大的破坏性，而且会更加激烈。个别战役肯定会变得很短而且立见胜负，但是，这一定会使得各个国家迅速兴起或迅速衰亡，并且使得边界和宪法变动不定，最终必然会败坏文明本身而使和平局面无法维持。所以科学由于致力于一个不适当的目标，最后可能会自掘坟墓。就这个问题而言，对于有人滥用科学来达到个人或国家的扩张目的，我们也不能不表示遗憾，因为，其结果只能是弱小种族灭亡，强大的种族占有其废墟。我这番话是指一般战争。我并不想毁谤人们为保卫大不列颠的完整和自由所作的努力。我们是迫不得已而这样做的，值得庆幸的是：我们对目前欧洲军事形势毫无责任。"——根据克劳瑟著《十九世纪的英国科学家》，第140页。

世界大战中的科学　尽管从技术上和科学上来说大战的准备工作规模极大，人们却发现随着战争实际局面的发展，这些准

备工作完全不足以应付需要。在战争期间，科学家们第一次发现自己成为各自政府不可或缺的人物，而不是可有可无的人物了。的确在一开头，对这些人才的使用，存在严重浪费现象。本来可能成为本世纪英国最伟大的实验物理学家的莫斯利竟被派前往加里波里并在那里阵亡了。英国的一位主要物理学家建议为陆军组织一个气象机构，人们却告诉他说：英国士兵能在任何气候中作战。只是在英军在弗兰德泥泞地带发动几次攻势遭到重大伤亡 172
之后，才设立了这个机构。*不过随着战争拖延下去，政府就把科学家们留在国内，以便改进现有的毁灭性武器、发展新武器和应付敌国新发展的武器。空中战争和化学战争是大战期间科学事业

* 在战争中对科学家加以使用与其说是军事当局要求科学家工作的结果，不如说是科学家自己施加压力的结果。从《自然》杂志的一篇社论中摘录的下述一段话可以证明这一点：

"现已公布的过去十个月的伤亡总额应当使全国人民相信：在这场战争中，我们决不能让敌方占优势；必须把科学人才和科学组织的全部力量都集中使用于海陆军作战。国内还有几百名科学家的精力和专业知识没有得到有效的使用。我国应该拥有一支科学部队。它既有人在国内也有人在前线进行研究工作。而不仅仅是设立一个委员会，在可能采取的攻守办法问题上向政府官员提出谘询意见。象弗莱明教授这样的一位卓越的科学家竟会在6月15日《泰晤士报》上发表谈话说：经过了十个月的科学战争，却从来没有人请他去参加任何试验工作或者要他把自己的专业知识提供给皇家部队使用，虽然他本人是很愿意提供这种支援的。可见当权者并不理解被他们欣然置诸脑后的科学部队的价值。天天都有科学家问我们怎样才能把自己的知识贡献给国家，而我们却无法马上答复他们。把我国的科学人才组织起来是至关重要的，可是人们几乎还没有采取什么措施来促成此事。

在考虑怎样满足国家需要时，似乎有必要把发明新式攻守方法的任务和增产高爆炸力炮弹的任务分别处理。后一个问题在报纸上正占着突出地位。这次战争中出现的新情况和所使用的有别于传统方法的新作战方法使第一个问题越出了海陆军工程师们的工作迄今所遵循的常轨；必须由民众和军人共同努力来加以解决。有必要在整个科学领域内进行调查，以便找到一些破坏方法，便于我们自己加以使用，而我们的士兵也指望我们能够向他们提供对付这些破坏手段的防护办法。政府只请一名科学专家针对已经发生的情况提供建议是不够的；政府必须能在一旦发生新情况时随时都可以应付。"——《自然》杂志，第95卷，第419页(1915年)。

的两项福音。不过在战争条件下进行科研浪费惊人。往往要在物资和准备工作都不充分的情况下，在短短几星期中设计出新方法并投入生产。这自然造成物资的极度浪费和生命的重大损失。协约国为了应付德国人制造的毒气，不顾化学家和工人的死亡或伤残，加紧发展毒气生产。同样，飞机制造有长足进步，然而在物资和生命方面却付出了重大代价。*尽管这样，很显然，在战争的刺激下，科研成果付诸应用的速度仍然比和平时期活动表面上具有的限度快好几倍。这表明：在和平时期，科学的进步并不是受到内在因素的限制，而是受到外在的经济和政治因素的限制。

战争促成了国家组织的科研工作　大战爆发后不久，在德国境外就可以看出，各国科学的发展、特别是训练有素的科学家的人数完全不足以应付军事形势的需要。德国人的自然资源要少得多，在战争的大部分期间，他们却能够在技术上和军事上掌握主动权。德国和协约国士兵阵亡的比例为一比二，德国人每丧失一架飞机就要打下六架对方的飞机，这一点是意味深长的。因此，战争、而且只有战争才能使各国政府痛感到科学研究在现代经济中的极大重要性。英国通过成立科学和工业研究部而公开承认了这一点。这个部主要是为满足平时备战需要而设立的。例如，我们在1934年的报告书中看到这段话：

---

* 例如，我们在《科学遭受的摧残》一书中克劳瑟所写的文章中看到下面的一段话：

"在战时所取得的相当巨大的技术进步和飞机生产成本的增长之间的关系是否合理呢？在1914年，有记录的最高时速为126.5英里。在1920年则为188英里。在1914年有记录的飞机在空中逗留最长时间为24小时12分。在1920年则为24小时19分。在1914年，有记录的最高飞行高度为25,756英尺；在1920年则为33,113英尺。最远的直线飞行从646英里增加到1940英里。飞机在速度上每小时增加了61.5英里，在空中逗留时间增加了7分钟，在飞行高度上增加了7,357英尺，在直线飞行距离上增加了1,294英里，这些改进同全世界所花费的1,000,000,000英镑对比是否相称呢？（第34页）

“人们过去一直要求英国工业和科学更加密切地并肩前进，战争的环境使他们的呼吁更显得有力，因为战争环境空前有力地说明：有了可以在工业中利用的科学发现却不再继续采取措施，那会产生什么后果。例如，我们很快就发觉：我国不幸主要得依赖国外来供应某些作战上极为需要的物资。当时我国的头号敌人通过科学成果的应用，已经掌握了某些工业产品，按其程度和性质来说，都足以危及我国的利益。大家普遍认识到：为了在平时和战时都能取得成功，就 173
应充分利用科学资源，战争的危险为和平时期提供了教训。”……(也可参看边码第30页)

在订立和平条约时，获得胜利的协约国企图把德国人的科学事业据为已有，以便永远确保自己的势力。可是由于政府官员和工业家把科学看作是配方的总和而不是把它看作是作用遍及整个经济结构的一种活动，他们仅是取得一些制造染料和炸药的秘方，免得自己的科学家再去探索，而让德国科学家们通过自己专心致志的工作，把协约国用武力所推翻了的军事均势重新扭转过来。

当前的军事科研工作

在战后年代中，人们愈来愈把从科学上为近在眼前的未来战争作好准备当做当急之务。在一切国家里，政府都把科学看作是有用的军事附属物，在某些国家中，这实际变成了科学的唯一职能。这不仅反映在政府的比较巨大的军事研究预算拨款上，而且也反映在工业企业的类似支出上。只有三种工业规模较大、垄断程度较高，足以进行充分规模的科学研究。它们是重金属、化学和电器制造工业。前两种工业主要地而且在愈来愈大的程度上从

事军火生产。可以公正地说，英国约有三分之一到一半的科研经费是直接或间接用于军事科研的。其他国家的科研经费可能也不下于此，或甚至更多，虽然其数字更不容易收集。而且这只是平时的情况。十分显然，在战时，一切科研实际上都要为作战目的服务。

什么是军事科研？　要精细确定什么算是军事科研、什么不算军事科研现在几乎不可能了。在一些还允许人们发表和平主义意见的国家里，当局自然设法缩小军事科研费用数字。通常的办法是，指出在有些情况下，为军事目的而进行的科研怎样地变得具有商业价值，结果还是有利于社会*。关于这一点，我们已经指出了从前的一些例子。现在人们列举的例子是炸药研究对于爆破矿山和石坑的用处和毒气在消灭害虫中的用途。然而宝剑可以
174 改成犁头，而且有时也的确被铁匠打成犁头，这只不过是事实的一半而已。同样正确的是：表面看来属于民用的科研也可以用于军事。事实上，我们正在脱离战争仅仅是社会一小部分人的专门任务的时代，而且已回到社会、部落、或者民族的每一个成员首先都是一个战士的时代去。在现代工业化条件下，战争不再单是由战场上的士兵来进行，而是由整个国家的工业体系来进行。工业体系参加战争的间接性是一个十分方便的烟幕，因为这样就可以使和平主义者的攻击矛头指向战争中大概最不重要的部分——实际的前线作战。不过把科学成果在现代战争中的直接应用和间接应用区别开来还不失为一个方便的办法。

战争趋向于机械化　在世界大战中出现而且在此后又大大

---

*　参看《自然》杂志中关于民主管理协会散发的小册子《爱国主义有限公司》的来往信件、《自然》杂志，第133卷，1934年2月及4月号。

强化的特征之一，便是一切类型的作战的机械化。结果，假如人们要进行战争，人们就不但象在旧式战争中那样，需要步枪和大炮之类的装备，还需要机关枪、坦克和飞机。这些武器又相应地需要更多的炸药、汽油和毒气。制造这些武器所必需的资本支出要比以前任何战争都多得多，而为了要在战争条件下在一段相当长的时期内使这些武器源源不断而来，就必须有一个有活力的和有效率的工业来供应，这个工业所雇用的职工人数要比作战部队的人数多得多。因此，人们立即可以得出结论说：只有高度工业化的国家才能有效地进行现代化战争。通过代理人去进行战争的一些国家可以把这个事实掩盖起来。它们雇用外籍人去作战，并且不断向他们供应现代化武器弹药。玻利维亚和巴拉圭之间的战争就是一个例子，这两个国家本身都制造不出任何有效的武器。这场战争部分地是作为英美两国的敌对经济集团夺取经济利益的一种斗争而进行的、部分地是为了向军火厂提供利润、部分地也是为了在作战条件下实地试验现代武器的效率。西班牙内战是另一个方法的例证：这个方法就是向难于驾驭的少数集团提供武器，试图推翻一个国家的政府。当一个高度工业化的国家同一个既缺乏工业又得不到另一个工业国支持的国家进行战争的时候，会产生什么结果，已经见于可悲的阿比西尼亚战争。所以，一个国家在战争中能否取胜取决于其平时工业的规模和效率。实际上，世界上仅有七个强国可以说在这方面是真正有力量的，不过其力量大小是不等的；即，美国、苏联、英国、德国、法国、日本和意 175
大利。凡是能够加强本国工业、提高其生产方法的效率及其经济效果的一切办法都会增强一个国家的军事力量。就这一点来说，一切国家的工业科研都是潜在的军事科研。人们已经在德国清楚看到了这一点。在那里只需稍作变动，就能把民用工业研究的整

个机构转为公开为军事目的服务的机构(参看边码第217页)。

科学和军备

重工业 各工业部门自然并不都是同等地参预备战活动的，但是参预备战的主要部门却是国家的关键性工业——重金属、机械和化学工业。这些也是科研活动最多的部门。我们在过去几年中已经看到，欧洲的重金属工业几乎完全是靠了军事订货才从萧条的深渊中解脱出来*，制造大炮、战舰和坦克都需要大量钢铁，生产这种武器的需要已经证明是促使人们研究金属特性的最大动力。除了各个企业开展的科研之外，英国钢铁联合会用于合作研究的费用从1932年的5,000镑一跃而上升到1936年的22,500镑。

飞机生产 在机械工业中、特别是制造运输工具的工业中，人们可以同样清楚地感到军事需要的压力。某些种类的重型运输工具、卡车、拖拉机等，实际上可以无区别地用于战争或和平的目的，很难估计出研制这些东西的费用中有多少可以归入军事支出。不过对飞机来说，情况却是完全不同的。几乎从一开始，发展和扶助飞机生产就主要是为了军用。甚至在这次重整军备景气时期来到之前，英国全部飞机中，就有五分之四是军用飞机**，在德

---

* 维克斯公司在1932年与1937年之间的纯利润从529,038镑增加到1,351,056镑，同时其股票价值从1933年的6先令$1\frac{1}{2}$便士上升到1937年的32先令9便士。

** 甚至早在1935年就可以说："飞机工业现在已完全成为一个军事工业了，1933年出口的234架飞机和40台引擎大部分都是用于军事的。在我国的新规划中，军事职能变成飞机工业的压倒一切的主要职能了。今年实际生产的新式军用飞机(1,500架)将比目前已有的全部民用飞机(1,200架)，包括供体育和游览用的飞机，还要多。"——《曼彻斯特卫报》，1935年5月24日。

国等国家里，由于禁止拥有军用飞机，人们就有意识地发展民用航空事业，以便在适当时刻把民用航空事业转到军用航空轨道上去。因此，在几乎一切国家中，航空科研都具有直接的军事重要性。征候之一就是，各国之间越来越难以在航空研究上进行任何合作。当然还是有一些表面上的合作；还有些国家对新飞机的设计进行了一些宣传，借以提高自己的威信，可是最好的设计都要等到实际上过时以后才予以公布。就这样，所有国家都希望在战争爆发时能比别国领先几年。飞机工业是上述意义上的几乎完全科 176
学化的工业，而且正在迅速发展中。它需要的科研工作比任何比较老的工业都多得多。实际上，我们发现，在大多数国家中，航空研究是一切工业科研中最优先发展的、接受津贴最多的项目。所以在英国除了一些军事航空研究站之外，国立物理实验室也有很大一个部门专门从事空气动力学的研究。上述这些军事航空研究站在1937年共花了727,500镑之多。甚至在大学里，空气动力学研究也占有重要地位。*

化学工业　化学工业在现代战争的准备和进行过程中占着日益重要的地位。然而在化学工业中特别难以区别有多少科研工作属于民用性质，有多少属于军用性质。化学工业供应的或者化学工业可以供应的军事物资是炸药、毒气、橡胶、汽油和其他马达用油。如果不能以大大超过平时的数量来供应这些物资，战争就无法长期进行下去。**所有这些物资在平时和战时都有用处，只有毒

* 例如，一位著名的飞机制造商约翰·西德利爵士1935年在剑桥捐赠了10,000镑以帮助人们进行航空科研工作。这事引起了一些争论，因为尽管当局否认，当时还是有人认为这是对大学军事科研的一种捐助。

** “要生产化学战的药物就必须拥有一个重化学工业。对这一目的来说，重化学工业比精密化学工业更为重要。这些重化学产品是硫酸、硝酸和盐酸、液态氯、漂白粉、苛性钠和纯碱之类的物质。

气主要用于战时，所以在平时生产得比较少。人们经常需要用炸药来爆破矿山和石坑，并用于许多土木工程用途。粗看起来，橡胶和汽油似乎不能列入化学工业范围。它们是资源分布得很不均匀的天然产品。在大国之中，美国和苏联都缺乏橡胶资源。英法则缺乏汽油，而德、意、日则二者俱缺。因此大战以后，科学界就拚命研究这两种物质的人工合成方法。在一个组织得合理的世界中，由于人们可以方便地在大庄园中生产生橡胶，生产合成橡胶是不经济的，从煤中提炼汽油也是这样。当然，在花了几百万镑款项来进行研究和建立实验车间以后，人们也许有可能找出一些新方法，以相当于天然产品的成本来生产这些人工合成产品。或者甚至有可能生产出优于天然产品的新材料和燃料。我们的目的仅仅是要指出有多少科学研究力量转移到表面上属于商用性质，而实际上几乎完全是为了适应军事需要而产生的项目上去*。

炸药和毒气　制造更为直接的军用化学品——炸药和毒

177 气——的方法和原料并没有什么特殊之处。炸药的主要成分是硝酸、硫酸、甲苯等煤焦油衍生物和各种纤维素物质。所有这些东西在平时都有很广的用途。不过各国都希望把这类物资准备得足足的，以供军用。这一直是推动人们研究用其他办法生产这类物资

"生产这些物质的详细情况在本文中另有叙述，不过我们应该在这里指出其主要原料为：煤、石灰石、盐、硫磺或硫化物；有了这些，再有了必要的农业资源来生产酒精，人们就不仅能生产出重要的可供销售的化学品(有机和无机化学品)，而且还能够生产出大多数重要的军用毒气。只要加上砒霜和溴就可以使这份清单成为完整的军用毒气生产原料清单了。"

参看民主管理协会向调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会所提供的证据。作证记录第7号和第8号，附录，第182页。

* 例如，经过多年试验后，英国在1927年以3,000,000镑的费用建立了一所煤的氢化工厂，可是它仅能在政府的巨额津贴扶植下维持生产。合成橡胶已经在苏联、美国和德国成功地生产出来了。

的一个十分自觉的动力。制造硫酸所必需的硫本来都是从高级硫矿石、黄铁矿或者天然硫沉积层中提取的，不过这些资源受到地点限制不能成为万无一失的战时物资来源。大部分的直接硫矿石都是由意大利、西班牙和美国提供的。因此，各国都纷纷研究怎样从分布很广的石膏之类的低级资源中提取硫。用了目前使用的方法来生产硫酸，再没有一个大工业国会感到缺乏硫酸了。硝酸供应曾经一度成为极其尖锐的问题。由于硝石几乎完全来自智利，在战时只有拥有制海权的国家才能取得它。可是由于哈柏在上次大战中发明了利用空气中的氮气制造硝酸的方法，情况就完全改观了。利用这个方法，不仅在战时，而且在战后都生产了大量硝酸盐，以致使天然硝石一度在竞争下被迫完全停产。当然，硝酸盐除了在战时有用处之外，在平时也有极为有价值的用途——作肥料用。不过由于农业生产者买不起，硝酸盐作为肥料是供过于求的。必须有一次真正的大战才能使合成硝酸盐工业复苏*。

毒气的生产情况与此相似；所需的天然原料，除了已经指出的以外，还有氯气。氯气可以从盐或海水以及砷中提炼。这些原料是到处都有的。毒气制造过程中的中间产品都是常见的商品，所以只要使科学研究的最后几个阶段转到军用轨道上去就可以生产出毒气来；毒气制造厂尽可以依靠普通的化学生产经验来处理其他阶段。另一个使化学工业比其他工业更带有直接军事性质的特征是：它可以比较容易比较迅速地从平时生产转入战时生产。制造大炮和战舰的机器无法很快地装好。甚至用来制造大量飞机的机器也需要几个月的时间来准备必需的工具、夹具等等。但是化

* 由于硝酸在平时生产过剩，由纳西流域管理局的大力滩工厂从生产硝酸盐改为生产磷酸盐。不过一到战时还是可以很容易地使其重新恢复生产硝酸盐。

学工业至多只需要两三星期就可以转入军事生产。

由此可见每一个现代国家的三个主要工业——即重金属、机
178 械和化学工业——的结构和军火生产有十分密切的联系，以致无法把这些工业中带有军事性质的部分和民用部分截然划分开来，这个问题不仅使善良的人们想要使战争无利可图的努力归于失败，而且也使各国政府感到不便。*当他们试图减少军火厂向他们收取的费用时，他们总是发现厂方可以把这些费用转嫁到和同一托拉斯有关联的许多中间产品制造厂身上去，以致实际上无法实行节约。要精确判断可以使重工业普遍得到改进的任何一项基本研究或者应用研究是否具有很大军事价值，也是同样困难的。

国家食品供应

人们从军事需要着眼来发展生产力并不限于工业领域。在现代战争中，维持食物供应的问题也几乎具有同等的重要性。自从上次大战结束以来，各国都拚命努力要做到尽量由国内供应长期战争所需要的食品。这一趋势完全扭转了十九世纪的发展趋向。当时的趋向是，使大量人口集中于工业区，而利用不发达国家的或多或少机械化的农业所生产的多余产品来养活这些人。自由贸易理论背后的主张是：每一种产品都应该在最适宜的地区生产。这些地区要么由于气候条件、要么由于具备某种工业技术最宜于生产这种产品。任何别的政策都意味着不经济地使用劳动力，而且事实上要推行任何别的政策，就只能在行政上征收沉重的关税和

* 调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会的记录中记载的向帝国化学公司代表们提出的质询清楚地说明了这些困难，第2,712—2,756段。

发放补贴、在社会政策上平时不让工业国人民有充足的食物或其他必需品，战时只让他们有希望勉强活下来。新的发展趋势则要求科学完成一项重要的辅助任务：在多多少少不利的条件下提高动植物的产量，例如要在英格兰生产甜菜*，或者把山坡改造为牧场，以便利用原来的牧场来种植小麦。食品储存的问题也受到极大的注意，不过这方面的研究却得出了原来没有预计到的结果。这种研究虽然有助于国内食品生产，却使人们可以更方便地从遥处海外的国家输入食品，而且迫使政府不得不实行新的关税和进口定额。

可是恰恰就在要求实行本国食品自给自足的呼声最高的国家 179
里，就有三个有力的对抗因素使这个运动的效果大体上化为乌有。第一，一个有力的经济因素是：工业国如果不从不发达国家购买食物，就会使这些国家的经济大受影响，以致使它们无法从工业国购买工业品，从而使工业国利润减少并造成失业，这样就大大抵消了工业国在国内生产食品在军事上的潜在好处。德国在纳粹统治时期曾经极其坚决地要使自己不依靠国外食品供应，但是就连德国也不得不从大多数中欧小国输入剩余食物以便为自己的工厂提供市场，第二个对抗因素是：殖民地都以生产食品和其他原料为主。它们的产品必然要和国内发展的生产竞争。在大英帝国的例子中可以清楚地看到这种情况。有人想要既支持国内农场主又支持帝国，结果只是引起了一片思想混乱，使保守党人无所适从。第三个阻力主要来自政治方面。要真正有效地生产食品，

* 丹尼尔·霍尔爵士在《科学遭受的摧残》第25、26页中说："……一切证据都说明：热带和亚热带国家利用甘蔗生产糖，比利用温带的甜菜生产糖，具有更大的经济效果。可是人们却通过复杂的财政办法来维持和扩大欧洲国家的甜菜种植，连英国也正花巨款力图建立这个根据现有证据看来毫无经济前途的外来生产事业。"

不仅需要对农业进行科学研究，而且还需要对农业的实际经营加以合理的组织。这就必然意味着要对古老的农业生产方法进行彻底改革，从而既使地主受到打击，又使小自耕农或者佃农兼业主受到打击。这些人是全世界反动政府的主要支柱。这些互相矛盾的因素造成了最大的经费开支和混乱，只取得最小的实际效果。政府发放的大量津贴全都流入大地主和大农场主的口袋。科研工作开展了，却没有加以应用。居民付出的价格提高了，而所购得的食物反而减少了。不过，研究食品生产所耗费的金额，同付给效率低下的生产者的津贴金额相比，虽然微不足道，在整个可资利用的科研经费中却占有相当大的比重。农业、生物学、生物化学甚至医学研究工作都是其受益者。

现代生物学研究的成果和它在世界各地食品生产中的应用、特别是在苏联和爪哇甘蔗种植园中的应用表明：从技术上来说，食品生产的问题已经获得解决了，只等着人们实施经济和政治改革，就可以成为现实。甚至有可能找到集约生产食物的科学方法，在一定程度上，再配上人造食品(参看第十四章)，这样即使象
180 英国这样地理条件很差的国家也能生产出本国居民所需的全部食品，虽然这是一种很大的精力浪费。有人根据存在着这个可能性的事实，硬说科学的进展已经使国际主义变得没有必要了，还有人根据这一事实鼓吹实行民族经济和文化的彻底分离。不仅法西斯主义者持有这种观点，连霍格本教授也受到小英格兰激进主义极端思潮的影响而极力宣扬这一观点，认为利用这种手段，通过放弃国际贸易所必需的海外的一切民族权益就可以消除战争的根源。

> “如果我们逃避了感情用事的国际主义可以迅速带来的报应的话，那么就只有一种一贯的政策可以把我国的进步力

量团结起来进行改造社会的任务，而且可以象我们教友派教徒所说的那样，消除战争的根源。如果我们逃避不了那种报应的话，也只有主张实行使战争成为不必要的政策的政党才有希望存在下去。一个合理的方案是：激发谦虚而勤劳的人们对自己周围环境和亲人怀有的健康情操，全民一致地建设本国，对现有的全部科学知识资源实行社会化，以便使英国逐步地同欧洲和帝国更加隔绝开来。一个提出这种政纲的进步党派可望得到很大一部分薪金阶级的支持。对他们来说，对破产的工业实行国有化的前景是毫无吸引力的。如果不这样做的话，另一种前途就只能是，自由党人和社会党人继续竞相宣扬国际友好，迫使我们走向具有不堪设想的破坏性后果的全球大灾难，同时使我们轻而易举地成为独裁者的牺牲品。即使天然位置的原则是一个永恒的真理，在我们的时代中，民族意识的增长也是不容争辩的事实。我们不能不在两种前途之间作出抉择。我们可以利用这种意识动员人们普遍希望对私营企业无法为了造福社会而加以利用的技术资源实行社会化。我们也可以让人象希特勒那样去利用这种意识把我们一直推向野蛮和战争。”——兰斯洛特·霍格本：《从理性退却》(第40—41页)。

不幸在实际上，力求实行国内自给自足的政治势力恰恰就是力求最大限度地扩张陆海军力量的政治势力，而且在目前世界政治结构中，一个国家单靠本身资源生存的能力，只能被看作是战备的一个方面，而且还决不仅仅是战备的一个防御方面。

科学研究转用于军事

分析一下政府科研开支，就可以清楚看出在决定科研方向的时候军事考虑的相对重要性。如果我们首先看一下科学和工业研
181 究部在1936—37年度的纯开支数字，我们就可以发现其中最大的一笔钱105,000镑是用于国立物理实验室的。该实验室的三个最重要的部门：冶金、空气动力学和无线电都多少具有直接的军事价值。审查了他们的报告后，也可以十分清楚地看到：这些部门也是最活跃和管理得最好的部门。其次的最大开支项目是用于燃料研究的22,000镑。它主要涉及煤的氢化和从煤中提炼汽油的生产方法。这也有直接的军事价值。38,000镑用于研究食品，主要是食品的保存方法。把这几项加在一起，就可以知道在这个部的总支出——460,000镑(不包括付给研究协会的津贴)——中，约有160,000镑，亦即至少不止三分之一的费用可以算作军事开支，而且同可能的军事用途还有相当密切关系；同时无庸置疑的是：这些正是管理机关最关注的几部分工作，迅速发展的前景也最大。*

军事科研　说得准确一些，军事科研并不仅仅限于可以提高工业生产效率和提高不依赖国外供应的程度从而增强军事潜力的各种科研工作。军事科研还涉及设计和试验进攻性和防御性

---

* 杰弗里·劳埃德先生在1937年11月16日的一篇演说中，反对非官方的科学界对防空计划的批评。他的发言透露出军事科研范围达到多么广泛的地步：

"我希望强调一下：政府在这桩事(防御毒气)上，并不仅仅依靠它自己的技术顾问，尽管这些技术顾问是极其有能力的，因为我认为所有明白这个问题的可敬的议员们都会同意：大战结束时，帝国防务委员会的化学品防御研究部被认为是全世界同类机构中最卓有成效的部门；不过除了这些专家之外，政府还向100名以上的著名外界科学家和技术化学家征询意见；事实上，我认为：说我国在这方面的主要科学家都是化学品防御委员会的成员，是一点也不错的。"

武器。正是这方面的工作吸收了我在本章开头所列举的巨额经费。*使这类科研有别于其余科学工作的特征有二。它具有自觉的社会目的，那便是寻找可以造成死亡和破坏的最迅速、最有效和最可怕的手段；其次，它是在极端秘密的情况下进行的。这两个特征往往使军事科研至少在平时和科学事业的主体隔离开来。制造新武器时的考虑和制造新生产机器时的考虑完全不同。技术上的完善和耐用程度要比任何经济上的考虑重要得多。所以在某些方面，武器设计师要比民用机器设计师更能自由地把自己想出的点子付诸实施。不过即使金钱不成问题，时间却是一个问题。除非以最快速度研究出新武器，否则就有落后的危险，这样就会把先前花在科研上的钱全部浪费掉。在普通工业中大量存在的设备废弃现象，在这里更为严重，而且由此造成科研工作的浪费也大得多。设备废弃不仅由于军事生产的条件而自然而然地产生，还由于商办军火制造厂的活动而变本加厉。在商业中，要是一项发明可能引起大量有价值的工厂设备报废的话，就不予使用，而在军事上，由于支付这些费用的是纳税人，设备报废越多就越好，
每一种新设计都意味着生产厂商要得到一笔新订货。这时，政府 182
就有责任把过时的军事物资加以处理，供落后国家进行战争时使用。当然也还有相反的力量在起作用。军事当局本身的传统的愚蠢和保守主义阻碍了新武器的研制，不过一旦有一个重要的国家研制新武器，其他国家也一定会群起效尤。军火厂的董事们和陆

* 各军种的详细费用见于附录IV。在附录IV中，我们尝试把科学家的工作所耗费的那一部分费用从预算研究费用的2,800,000镑总数中划分出来。这个数字至少为1,535,500镑。这种工作中只有极小一部分是有助于增加科学知识的。如果把这笔钱和聘用的842名科学家的工作转入民用科研，那就几乎要使科学现有潜力增加一倍。这是衡量科学事业在平时为战争付出的代价的一个尺度。

海军高级军官之间的密切关系往往能减轻他们对于新武器的嫌厌情绪。*

在军事科研中忙乱、浪费、保密和重复劳动等现象比在最糟糕的工业科研中还要严重。所以无怪乎它平时不但效率低，而且不能吸收最有才能的科学家参加工作，因而也就进一步减低了工作效率。即使在强迫科学为战争服务的国家里，如象在现代德国，我们也可以怀疑，在那里有着相当多的心照不宣的破坏活动。只有当科学家认为自己的工作最终可能为人类造福时，他们才会自动拿出新颖的军事发明。事实上，肯定有成千上万的有才能的科学家能够很容易地大大改进目前的攻守方法，而且甚至可能暗地里这样做了，可是由于人道主义的理由或者因为对自己本国政府有自己的看法，而宁愿不发表自己的发明。

战时的科学家 当然，在战时一般是有可能说服科学家，使他们相信自己的国家是为正义事业而战的，因此他就可以问心无愧地专心致志地改进战争技术——由于政府可以另外用逮捕入

* “私商制造军火的最严重弊端之一渊源于政府官员和军火工业之间的勾结。由于政府是唯一的国内买主，而且由于出口时必须由政府发给许可证，政府人员和军火厂之间的这种勾结是这个制度所固有的现象。

政府官员所知道的情况对军火工业显然是大有好处的。众所周知，在军事机构和其他行政部门工作的官员往往在退休时或退休之前进入这些企业工作”(第198页)。民主管理协会所提出的证词说明：

“我的确认为：负责合同或工程设计等等的人在后来总是转到军火企业去工作的制度是一个很不可取的制度。……

“任何允许一个人担任本身职责和个人利益可能发生矛盾的职务的制度都是坏的制度。为此，我们提请你们注意这一情况。我们要说不应该让这种情况再继续存在下去了，我们还要说，在某些情况下，这已经引起麻烦了。”(第140页)。威廉·乔伊特爵士。

摘自在调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会面前提供的证据记录，第7和8号，1935年7月17日，星期三。

狱的办法或者更加令人不愉快的办法(直接服军役)来对付科学家，他就更加容易作出这个选择了。回顾起来，在上次大战中，科学家们的态度似乎是极其可悲的现象。他们连一点科学国际主义的气味也没有。他们不以帮助本国进行物质上的破坏为满足，而且还不得不辱骂敌国的科学家，甚至诽谤敌国的科学事业。已故威廉·拉姆赛爵士是当时最出色的化学家之一。他于1915年在《自然》杂志的社论中写道：

"科学的目的是探索未知事物的知识；应用科学的目的是改善人类的命运。德国人的理想离开真正的科学家的概念实在远得不能再远了；对于一切有正确思想的人来说，他们提出的所谓为人类造福的方法是令人厌恶的。虽然这些观点在普鲁士统治阶级身上得到积极表现，不过持有这种观点的人决不限于他们：这些观点其实是这个民族的灵魂。……

协约国的座右铭应该是'此事决不许重演。'不仅要消灭 183
象癌一样侵入德意志民族的道德观念中的、危险的和令人无法容忍的专制主义，而且绝对不许它有复活的可能。用这个国家的一个出色的代表人物所说的漂亮话来说，就是必须使这个国家的"血流光"。

科学的进步会不会就此停滞呢？我认为不会这样。科学思想方面的最伟大的进步并不是由日耳曼种族的人促成的；而且早期的科学知识的应用也并不是以德国为发源地的。据我们目前所知，只要对条顿人实行限制，庸庸碌碌的人就不致于在世界上到处泛滥。他们先前的名声在很大程度上是由同他们居住在一起的犹太人赢得的；我们可以有把握地相信，那个种族会保持他们的活力并继续坚持学术活动。"——《自然》杂志，第94卷，第138页(1915年)。

这本身就是一个令人不安的征兆，因为在过去历史中，科学一直被认为是超然于斗争之外的。例如在拿破仑战争期间，伟大的英国化学家戴维不仅获准前往法国访问，而且还受到拿破仑本人的隆重接待，虽然戴维的某些工作是具有军事价值的。

全面备战　我们目前所处的状态正介乎和平与战争之间。到处都在日益紧张地进行备战。备战支配了经济和政治生活，在欧洲，战争已经在西班牙打响了。军事科研已成为最紧要的问题。越来越多的科学家正应召从事这项工作。人们不仅正要求科学家参加军事科研，而且要他们在战争中担负有新的任务。现代战争不同于过去的一切战争、甚至不同于上次世界大战之处是：全体居民都必须参加，大家都处于类似的危险中。空袭是不分青红皂白的，在保护居民免遭这类攻击的新任务中，人们期望科学家参加实际的防御工作、特别是防御毒气的工作。这个要求比任何其他事情都更使今天的科学家不能不正视目前军事形势的现实。科学家为了保护自己和同胞，竟要花费时间和智慧设法防止要不是因为有了科学本来根本不存在的危险。这种情况本身似乎是十分荒谬而可怕的。经过更周密的考察，他就会明白，防空问题不仅是军事和技术的问题，同时也是经济和政治问题。正是那些经济上和政治上的考虑，使得它与其说是一项可怕的但到底是必要的措施，倒不如说它是一宗可耻的骗局和伪善行为。

防空　防止空袭问题可以分为两个阶段——积极的防空和
184 消极的防空。积极防空是要阻止敌机到达目的地或者在它们到达目的地后阻止它们飞回基地。这包括袭击敌方机场和平民以作为报复以及用战斗机、高射炮和气球阵进行各种截击。大多数军事专家认为：这些方法单独地或一起地加以采用，也只能在某种程度上阻挠一下军事和工业力量大致相等的国家之间的空袭。飞机

造起来是比较容易的，寻找驾驶飞机的热情青年差不多也是同样很容易能办到的。有人认为积极防空很有效。他们的观点凭借的是两个军事设想。但是，西班牙战况却说明这两个军事设想是毫无根据的。有一种设想认为，在今后战争中，空袭将仅限于军事目标，其中当然包括工厂。可是现代空军却毫不犹豫地轰炸居民中心，其目的只是为了造成心理效果即恐怖效果，*它不仅对居民中心进行投弹，而且还以机枪扫射逃避的平民。对于来犯的空军所造成的重大伤亡也并没有能象原来预期地那样阻止它再度来袭，虽然这使空袭成功的次数减少了。

保护平民　虽然科学家介入了现代空中战略的几乎一切方面，不过人们最需要他们合作的地方，却并不是这种积极防空，大家明白，在未来战争中，哪个国家维持本国平民工作能力和士气的时间最久，哪个国家就有获胜的机会，而且大家明白，虽然不可能防止空袭，却可以尽量减少空袭造成的损失。不过各国、特别是德国和英国提出的防空措施，清楚地表明了防空工作本质上具有军事性质的目的，而这些办法的制订者则具有极其狭窄的阶级观点**。迄今人们都是胡乱地制订消极防空措施，毫不顾及现代

---

*　正如上海的悲剧所说明的那样，即使当他们不是有意识地轰炸平民区的时候，他们也可能由于错误而很容易摧毁平民区。

**　“首先，我们必须拥有一支足以在空战中保持主动权的强大空军；其次，我们必须拥有受到探照灯和其他现代侦察设备支援的高射炮，比起我们在大战中所拥有的高射炮来，其数量要多得多，其射击准确性也要高得多；第三，在地面要拥有一个防空体系，能够完成两个目标：第一，它能保证国内不发生恐慌，第二，它能保证文明社会的存在所必需的各种国内服务事业可以继续维持下去。如果空军在这两方面的任一方面得不到充分支持，它的处境就绝对不如在这两方面都得到充分支持的空军。一支空军可能拥有同敌方一样多的第一线飞机，不过要是它得不到一个有效的高射炮和探照灯体系和地面组织的支援，同不处于这种劣势的空军比起来，它就更难于防止恐慌和国家生活的中断。

此外，每当它要执行它的战术或战略任务时，它都会遇到阻力。在遇到空袭时，

空袭包含的种种有关的危险。高爆炸弹的危险性最大，而毒气的危险性则最小，可是人们所规划的几乎一切措施都是为了预防毒气和救护中毒的伤员。这些措施甚至不能有效地应付大量集中的毒气，而只有大量集中使用毒气，毒气才值得使用。对高爆炸弹根本没有提出什么防御办法，对燃烧弹也没有提出什么办法来，指定用于防空的金额仅为32,000,000镑，而用于潜在的进攻性武器的经费却将近2,000,000,000镑。两相比较，就可以看出当局对保护平民的重视程度。而且，且不说这些规划很不够，还把最沉重的负担加在居民中比较穷的一部分人身上，而他们所得到的保护却最
185 少。这些人最接近攻击的目标：工厂和运输中心。西班牙和中国的经验可悲地表明，他们也是被存心选择为牺牲品的。他们没有力量建立私人避弹室，也无法坐私人汽车逃往乡间别墅。人们显然以为：只要保证富人有相对的安全，作战的士气就能维持下去。

实际上，消极防空的技术问题并不是解决不了的；要做到万无一失当然是不可能的，不过只要能在战争期间把大部分妇女和儿童成批疏散到乡下、在夜间把大多数余下的居民撤走并为留下的人员提供防火、防弹、防毒气、有通风设备的防空洞，就能收到相当大的防空效果。可是凡是保持私人财产权的国家都不可能

要是没有有效的地面组织，各居民中心一定会频频发出呼唤，要求保卫本地区，空军就会忙于这个或那个工业或居民中心的地区性防务而不得脱身。我清楚记得，当我还在空军部工作时，前辈空军战略家特伦查德勋爵不只一次对我说过：'忙于地区性防务、自己捆住自己的手脚的空军是无法保持自己的主动权和战略的，这支空军是注定要在空战中失败的。'我要说，不能得到这种地面组织支援的空军几乎总是要被地区性防务缚住手脚的，而且会发现自己的处境比得到地面支持的空军不利得多。所以我们现在有必要制订一项尽可能完备的、建立地面组织的全面计划。只要组织起这个体系，我们就能够成功地保证国家不致发生恐慌、保证国民的生活不会停顿，因而我们也就能够使战斗部队维持本身的战术和战略。"

（塞缪尔·霍尔爵士于1937年11月15日在下院的发言。）

采用这类防御措施，因为如果要做到这一步的话，房屋、食物和运输工具就都得由社会来管理。而且我们还得承认，长期处在空战阴影下的生活前景也并不是令人愉快的。只有付出巨大的社会代价才能取得相对的安全，而且在这种情况下，人们是否能够长期保持文明的生活水平也是值得怀疑的。目下的规划耗费的费用几乎与此相等，却不能提供这种安全。现代战争的危险性并不在于一切文明生活一下子都遭到毁灭，象畅销书作家所描写的那样，而在于攻守双方势均力敌所造成的一场旷日持久的破坏性战争。在这场战争中伴随而来的饥荒、露宿、疾病和沮丧情绪，会象一切突如其来的灾难一样彻底毁灭文明。政府自然不会向人民说明这种可能性。全部的规划不论多么无效，加在一起就造成了空袭没有多大妨碍，还是受得住的印象。科学家也奉命大力宣传这个大骗局。谁要是站出来反对这种骗局并且揭露所谓政府已经采取防空措施的说法毫无根据，人家就会谴责他们制造恐慌，官方的无数保证也会把他们的呼声窒息*。

科学家正视战争问题

不过，不管科学家们是参加防空计划还是反对防空计划，他们都不能不因此更加密切地正视和平与战争的问题。有些意见先前被认为是正确的，无人持有异议，现在也开始受到怀疑而且甚至受到谴责了。在上次大战中受难的千百万人明白了自己的苦难在很大程度上是科学的发展所直接造成的，科学不但不能有益 186

* 一群剑桥大学的科学家对这个问题的结论已载于《在空袭期间如何保护公众》中（高兰克兹，1937），而在较近时期又见于《空袭防护，一些事实》（《情况》第13号，1938年）以及J. B. S. 霍尔丹著《防空措施》（高兰克兹，1938）。

于人类，反而在实际上证明是人类的最凶恶的敌人。科学的价值本身受到了怀疑。科学家们也终于被迫注意到这个呼声了。特别是在青年科学家中间，认为把科学应用于战争是对自己职业的最大糟塌的看法开始抬头了，而且越来越有力了。和平与战争问题比任何其他问题更能促使科学家们把视线移到自己的研究和发明工作范围以外，并注意到这些发明是怎样应用于社会的。

这种思潮造成的结果之一是：科学家比以前更不愿意主动帮助进行军事科研工作了，而且强烈地感到自己这样做就是多少破坏了科学精神。主要是由于科学工作者缺乏组织，所以还没有做到对军事科研工作宣布彻底的抵制。在目前形势下，这种方针是否会产生良好效果，甚至也是值得怀疑的，因为这样做的第一个直接效果将是使民主国家在法西斯国家面前处于不利的地位。不过目前可以做到而且已在做的，是把科学家吸收到一切和平力量的积极伙伴的队伍中来。尤其是在法国和英国，包括某些最著名的科学家在内的不少科学家都积极参加了争取防止战争的民主运动，以便争取创造条件，使战争无从爆发。

科学家为和平而组织起来 国际和平运动科学委员会于1936年在布鲁塞尔大会上采取了一项引人注目的进一步措施。来自十三个国家的科学家济济一堂，讨论了科学家在战争形势面前应负的责任。讨论主要围绕着科学家参预战争和备战工作的问题。在这里显然有三种思潮：有些人由于把国家利益放在首位，或者由于认为科学家没有必要过问自己工作的后果，所以在任何情况下都要参加这类活动；在另一方面，有些人则在任何情况下都拒绝参加战争工作或者备战工作；最后还有一个人数比较多但态度不明确的集团。他们是否参加备战工作要看战争的具体情况或战备的具体情况而定——即取决于在他们看来战争的目的是要促进还

是妨碍、或者战争是有可能促进还是有可能妨碍实现和平的全面事业。情况变得越来越明显了，各国都面临着一项抉择：究竟是在日益沉重的军备的支持下，发展单纯民族主义的、但最后成为法西斯主义的政策呢，还是联合起来通过集体行动来强行维护和平。两种做法都要求采取军事措施，或者至少需要为此进行准备。
不少科学家虽然不愿支持第一种抉择，但却愿意无代价地为第二 187
种抉择工作。本书附录所载的那次大会决议并没有走得这么远，而是表达了和平主义和非和平主义的科学家们的共同意见。这些决议并没有要求一切科学家不参预备战活动，只要求大家支持那些不顾迫害拒绝参加备战活动的科学家。不过最积极的贡献却是研究和宣传。必须对战争根源和科学在其中所起的具体作用进行研究；必须在科学家和普通大众中间进行宣传，说明这类研究所取得的结果。大会结束以来，人们已遵照这些方针在各国进行了工作。在英国成立了一个全国委员会，在伦敦、剑桥、牛津和曼彻斯特都设有积极活动的地方小组。但是我们必须承认，在不断恶化的战争形势下，这些努力显得极为无力。实际上，由于本书在以后将加以讨论的原因，看来科学家自己实际上是不可能为和平事业作出很大贡献的。他们固然处于举足轻重的地位，但是他们是不大可能利用这种地位的。他们过于分散而且受到周围社会力量的过大影响。必须先使科学家们与他们所在的社会互相有了比目前深刻得多的理解，才能使科学家们采取有力的反战立场。除非人们能充分理解战争的社会和经济性质，就不可能抵制战争，而科学家们对这方面的理解还差得很。在另一方面，除非公民和他们选出的机构更加清楚地理解科学在平时和战时的实际功能和科学经过适当组织以后所可能起的作用，就无法把科学的建设性方面和破坏性方面区别开来。

191

第八章　国际科学概况

过去的科学和文化

科学上的国际主义是科学的最特殊的特征之一。

即使在极其原始的时代，爱好科学的人们就愿意向别的部落或民族学习。从这个意义上来说，科学可说是从一开头就具有国际性质。各历史阶段的文化的广泛传播说明这一文化联系的工具是多么有力。以后当天然的障碍把各种文明分隔开来的时候或者当宗教或民族仇恨把文明世界分裂成敌对的阵营的时候，科学家和商人就竞相去打破这些障碍。现代科学的主流从巴比伦人传到希腊人、又从希腊人传到阿拉伯人、再从阿拉伯人传到法兰克人。这段历史说明科学家是多么有力地打破了各种天然障碍。在中国传道的耶稣会教士们发现，争取宫廷接待他们的最现成的手段是他们带来的天文学和数学，可是直到十八和十九世纪，人们才自觉地充分实现了科学的国际性。人们认识到，科学发现，不论是思维性的还是实用性的，都应该由一切能利用它的人加以支配，而不应作为私人或国家的机密秘而不宣。这种观念标志着现代科学的兴起。列奥弥尔在本书已经引述的一段话(边码第151页)中，出色地表达了这一点。当时唯一看得到的民族主义是：每一个宫廷都希望尽量网罗有名的科学家，以为国家增光或供其使用，不管他们所属国籍如何。德国和俄国的科学是在十八世纪从法国和荷兰科学移植过来的。交流是十分自由的，而且在平时和战时

都可以同样很便当地进行。

今日的国际科学事业　在整个十九世纪中，科学上的国际主义继续保持下去，而且甚至有所发展，可是在本世纪却有了一个确定无疑的倒退。科学虽然一方面还保持国际性质，另一方面却由于各国普遍具有民族排外倾向而蒙受其害，而且科学界的统一性正受到严重威胁。我在本章中想要说明一下当代科学在这方 192
面的情况，描述一下科学界的分裂状况以及科学在各国的发展程度。要充分进行这种描述，需要专门写一本书，而且只有一个在许多不同国家长期工作过的人才能写得出。作者并无这种经验，只是一个对欧洲科学中心具有一般经验，而对欧洲以外的科学中心则一无所知的英国科学家。所以在这里只能对作者自己看到的别国科学工作情况作一番概括的而且显然很肤浅的叙述。非欧洲国家的科学工作情况仅系根据出版的著作以及根据同来访的科学家的谈话推断出来的。这段文章并不是、而且并不自夸是对于全世界科学工作所存在的问题、困难及其成就的一篇充分的描述或者估价。

在这些限制条件范围以内，即令只是为了纠正和补充人们对科学的组织形式和应用的描述和批评，我们也还是值得论述一下目前世界各地科学发展情况的。这里所引述的人们对科学的组织形式和应用的描述和批评几乎全都是取自英国科学界。我们有必要考察一下这些结论究竟在多大程度上不只具有有限的应用范围，以及所提出的问题又在多大程度上是英国科学面临的问题，或者在多大程度上是整个科学面临的问题。对人们提出的答案的主要性质，随便怎样怀疑都不过分。英国的科学在许多方面代表了一个工业大国的前进中的科学。科学的历史表明：它的成长基本上是符合经济发展的大方向的，科学发展的程度和规模也大体

上和商业及工业活动成比例。世界上的主要工业国也就是科学发达的主要国家。两个对立的经济和政治制度——资本主义和社会主义——的大分裂反映在苏联国内和国外的科学同社会事业和生产事业之间的十分不同的关系上。但是除了这个主要区别之外，在科学工作中，还存在着不仅取决于经济发展、而且取决于比较单纯的历史和传统因素的民族特征。

语言问题

一个有决定性的因素是，整个科学界分裂为若干在外部由于语言障碍而相对隔绝、在内部则可以相互理解的区域，这个通用语言的问题在科学界的分裂和现代民族国家形成的过程中都起了相当作用。充分的科学国际主义仅仅在十六世纪和十七世纪早期
193 新科学萌芽时代实现过。当时，虽然民族国家和中央集权政府相继出现，学术界仍然保持相当大的统一性。拉丁文成为公认的共同语言，除了旅行困难之外，没有什么因素能够阻止一个生长在基督教世界任何地方的人去任何宫廷取得重要职位。存在着帕杜亚大学和波伦亚大学等重要的地方性科学院校。所有欧洲各国的人都可以以平等条件前往学习访问。哥白尼、维萨留斯、哈维基本上并不属于各自的国家，而是属于当时以意大利为中心的世界科学事业，可是就在这个伟大的科学进步时期，民族主义开始抬头了。伽利略不是用拉丁文而是用通俗的意大利文写下他的主要政治著作的。这显然是造成他受审和被判决的主要原因。史特维纳斯彻底打破旧传统，把荷兰文说成是科学的理想语言，而笛卡尔则把科学和高雅的法国文学结合起来。英国人比较保守，牛顿仍然用拉丁文著述，不过他的作品几乎一发表就立即被译成英

文。德国发展科学事业较晚，在那里人们一开始就强调民族特点。莱布尼兹对于把科学传进德国的工作以及发展德国语言的运动都大力赞助，到这时为止，德文仅仅使用于宗教文学。

这样，到科学事业有了长足进步，而且极其需要有一个共同交流的良好手段的时候，民族的考虑已经通过取消拉丁文的使用而破坏了这个可能性。在另一方面，当时，哪怕是用所有的欧洲语言，也完全不可能把科学加以有效的记载，因为这些语言中的大多数语言的应用范围过于狭窄，而且几乎还没有建立起自己的文学。因此，就出现了一些越出国界、以科学最发达的国家为中心的科学地区。这些中心形成焦点，其周围聚集着一些新的科学中心，位置都在较小和较落后的欧洲国家、或者干脆越出欧洲范围以外。这样世界便被分割为若干科学地区，在每个科学地区内部通过共同语言进行交流是比较容易的，而在这些地区之间则存在着越来越大的分离倾向。不过这种分离相对来说还是轻微的，因为学科专业化是不受国界限制的。各学科科学家的国际学会的重要性不下于、有时甚或超过包含一切学科的国家科学院。不过语言障碍是十分严重的。科学家必须耗费大量时间使自己精通一 194
些语言，否则他就必须准备放弃阅读大量原著的机会，即使有译本，也要在以后才能看到。这个困难已经在不同期间使许多人想到有必要去创立一种国际科学语言，其可能性将在下一章中加以讨论。

科学界及其各大区域

语言和文化的条件促成了科学交流圈。交流圈的数目必然少于语言的种类，而且是由世界上的一些工业大国来领导的。这些

交流圈并不是固定不变的；它们随着国家的政治和经济形势的盛衰而变化，而且目前正处于激烈变动的状态。这是由于在最后阶段，在德国出现了侵略成性的国家社会主义以及它对科学界所造成的直接影响。不过为了便于叙述，很难把这些迅速的变化考虑进去。下面述及的主要适用于1920至1933年之间的科学界分裂的状况。

世界主要科学交流圈是英美圈子和德国圈子。其次为法国圈子及苏联圈子。英美圈子里显示出英美之间的明显差别，不过这种差别同这个圈子和其他圈子之间的差别比起来，在程度上就差得多了。它不仅包括英帝国和美国，也还包括部分的斯堪的纳维亚、荷兰、中国和日本。德国的圈子在现在或者过去都远比其他圈子结合得更为紧密。在其内部不仅进行情报交换，而且有相当大的个人迁居自由，所以可以把大学教授职位一视同仁地授予圈子中不论是否住在德国的任何国家的公民。这个圈子不但包括德国和奥地利，也包括斯堪的纳维亚的大部分、瑞士和其他中欧国家。过去执科学牛耳的法国圈子的相对重要性现在大不如前了。它几乎仅限于法国、比利时以及瑞士的一部分、波兰和南美洲。俄国圈子也可以更为准确地称为苏联圈子。它是一个新产物。在革命之前，俄国科学是德国和法国科学的一个小小的分支，现在它已经确定无疑地自力更生了。苏联的科学出版物数量已大大超过法国，正迅速接近德国圈子的数量。把它称为一个圈
195 子似乎是不妥的，因为它的范围迄今只限于苏联，不过苏联国内的发展不仅是俄国科学的发展，而且也是把科学介绍给组成联盟的所有其他民族的过程。不幸语言的障碍极其有力地妨碍了苏联科学界和其他科学圈子保持联系。学习俄文的困难大大加重了现有的政治障碍，使苏联科学得不到外界的充分赏识，并阻止它在

发展国际科学事业中起充分作用。意大利科学的地位有点与众不同。它本身的重要性是不足和其他圈子相提并论的，不过主要由于国内政治的原因，它不愿意参加任何一个现有的圈子，甚至拒绝照苏联做法在外国期刊上发表论文或者以外国文字在意大利期刊上发表论文。

科学交流圈的存在只能部分地克服民族科学的困难。为了教育目的和为了在所用语言同四种主要语言都不相同的国家内使人们都能理解科学，就有必要保持一套民族科学著作。这样，例如在日本，除了在英国和德国期刊上发表论文以及在日本期刊上用英文或德文发表论文之外，还有一套涉及面广泛的纯粹日文的科学著作。这些著作几乎完全不能为外界所理解。在象日本或波兰那样有大量科学著作需要发表的国家中，这种做法虽然不幸，还是情有可原的，不过在较小的欧洲国家中，需要译成当地语言的著作比当地科学家能发表的著作多得多，这样做就几乎变得可笑了。

科学的民族特点　我们已经谈过国际上科学界分裂的状况了。这主要是人为的而且是出于语言上的考虑而不得不这样。更重要的是科学的民族特点以及各国的科学和社会之间存在的各种不同关系。我们已经说过，这些固有的特点是十分复杂的，不过在很大程度上经过分析，我们还是可以看出这些特点都是一些可以看得出的原因造成的。如果照法西斯教育部长的办法，把这些特点神秘地说成是渊源于民族的灵魂或者种族的血统，那便是彻头彻尾的蒙昧主义，而且根本不能帮助我们理解这些特点怎样以不同的方式结合在一起促使整个科学往前发展。

我们可以在不同国家看到不同程度的科学发展。第一，是具 196
有长期科学和工业历史的工业国的科学，不论它们是英国、法国、

德国和意大利这样的世界大国，还是象斯堪的纳维亚、荷兰和瑞士这样较小的、但在历史上却对科学知识的发展有过同样重要贡献的国家。第二是美国、日本和苏联这样最近才大规模实现工业化的国家的科学。第三，我们必须注意到欧洲和亚洲的落后的以农业为主的国家的科学发展。由于资本主义和社会主义经济中科学与社会之间截然不同的关系，把苏联划出并且另外单独加以研究实际上是比较方便的。

老工业国的科学

英国科学组织形式是历史悠久的工业国科学组织形式的典型。在这些国家里，科学和工业多少是不知不觉地一起成长起来的，结果就形成一个非常错综复杂的关系，毫无条理脉络可言。它通过它的传统并且通过科学界、工业界和政界之间存在的人事和阶级关系，来补偿它在正规组织上效率低下的缺点。这些国家的科学事业从传统得来的好处是：人们几乎本能地遵守某些行为的标准，这样就避免了一向会危及科学发展的因素：即科学家个人过分大出风头和自我宣扬，以致很容易转变为江湖骗子。在另一方面，人们对科学的传统态度也可以造成不出成果的后果。因为人们重视年龄和经验超过重视干劲和进取心。所有这些国家的科学大权都操在同现代发展失去联系的比较少数的老科学家之手。不过应该说，积累下来的宝贵的传统、各学科中存在的学派以及科学家个人所享有的不受经济或政治压力的相对自由（就德国而言，或者不如说是他们过去享有的自由），仍然使绝大部分新的和有价值的基本科学发现都产生在这些国家。它们仍然是科学进展的焦点。当其他比较不发达的国家的科学家们希望建立自己

的学派时，他们就是到这些国家的实验室来学习的。第一组中的每一个国家的科学都有其具体特点，视各国历史条件、社会条件和学术条件的总和而定。这些差别不能不是十分难以明确说清的，然而它们却对科学发展起了十分重要的作用。科学的每一个 197
有特色的传统都对科学总的进展作出过自己的有价值的贡献。

英国的科学　英国科学的特点是从十七世纪起就延续下来的。它同德国或法国科学不同，特别讲求实用和着重类比。在英格兰，人们比在任何其他国家都更其是通过感觉达到科学，而不是通过思维达到科学的。英国人的想象是具体而形象化的。法拉第把力看作是一种管状的东西。照他的想象，力很象具有橡胶制品的性能。卢瑟福把原子当作乡村集市上一种投掷椰子的游戏来加以研究。他把粒子投到原子上面去，然后看看有什么碎片落下来。英国科学家心目中的主要问题是："它如何作用？"英国科学界的三位伟大理论家中，只有牛顿是英格兰人。他既是一个理论家，又是一个讲求实际的实验家。麦克斯韦是苏格兰人，而他们之中最纯粹的理论家狄拉克则是法国血统的人。英国科学取得如此巨大成功的主要原因，正是这个爱讲实际的习惯和健全的常识。无论如何，直到最近，事实证明，自然界的作用一般至少是象一个工人的劳动那样简单。那些认为它神秘而微妙的人仅不过是自作聪明作茧自缚而已。英国人的一个缺点是他们几乎完全缺乏有系统的思维。在他们看来，科学只是几次对未知世界的成功的突袭。它不能提供一个前后连贯的全貌；英国人以怀疑的态度看待理论，而且不鼓励人们去思考。这些缺点在目前要比在上一世纪更为明显。英国人的方法在容易解决的科学问题中最能奏效。大部分这样的问题都已经解决了。现在要解决大多数科学问题，只有依靠和粗糙的常识大不相同的一些思维方法和工作方法。机械的

模型已经帮不了多大忙了。在物理学上的这场伟大革命中，除了狄拉克一人之外，英国比其他国家大为落后了，虽然这场革命的根本实验基础主要是在英国奠定的。不过由于从德国来的流亡者大量涌入，也许还是能够把处理更为困难的理论问题的能力传授给英国人的。

我们已经谈过英国科学的物质上的和组织上的特点了。我们在这里重温一下这方面的特点，为的是用它来和其他国家对照。同英国的财富以及它在世界事务中的重要性相比，它花在科学上的钱其实是很少的，而且它比任何其他大国都更少利用它的潜在的科学家。年龄在19岁到21岁的人中间大学生所占比重，在英国
198 要比在任何其他欧洲大国都小，比美国就更小了。这一点可以从下表中看出。苏格兰在这方面显得优越得多了。

国别	学生人数（正规学生）	尽可能在同一时间估计的19到21岁的青年男女人数	百分比
英国和威尔士	40,465(1936)	2,100,000	1.9%
苏格兰	10,064(1936)	260,000	3.8%
德国	116,154(1932)	3,000,000	3.9%
德国（边码217页）	67,082(1936)	3,000,000	2.2%
法国	82,655(1932)	1,900,000	4.3%
苏联	524,800(1936)	10,000,000	5.2%
美国	989,757(1932)	6,600,000	15.0%

英国科学为我们留下了伟大的传统和崇高的成就。它仍然充满生气，但是却存在着这样一个危机：除非采取措施在适应现代条件的充分规模上加以发展，否则它就会比别国或新兴国家的科学大大落后。

纳粹当权以前的德国科学　在纳粹夺取政权之前，德国科

学界自称占有知识界的领袖地位、或者至少可以同英国科学界争夺这种地位可能不是没有理由的。我们但愿促使德国科学取得这种地位的那些永久性特色并没有由于目前纳粹对科学的严密控制而化为乌有，只不过是暂时黯然无光而已。我们必须拿纳粹当权以前的德国科学同英国科学进行比较，才能比较得充分些。德国科学尽管博大精深，却是较迟的产物。虽然德国技术在十五世纪已经比欧洲其他国家领先，德国却由于宗教战争而无法统一，而英国、荷兰和法国等强大的商业和政治国家在本国科学开始诞生时就已经统一起来了。因此，当时的德国科学界就仅仅限于从事关于神学的枯燥争论和关于炼金术的想入非非的推理。在十八世纪初，它还可以自夸莱布尼兹一个人就抵得过整个一个科学院。德国科学的诞生是由于在弗雷德里克大帝的有力赞助下，从法国输入了科学。德国科学身上留下的那种受扶植的痕迹既是它的力量的源泉又是它的脆弱的原因。它从一开头就具有官办的性质，但是在十九世纪，当其他国家的大学仍然瞧不起科学的时候，德国的大学已经允许科学发展起来，而且在德国科学发展过程中提供了不少目前已经推广到整个科学界的组织方法。研究院校、研究所、大量的实验室技术、专业科学刊物的出版等等全都主要是由德国首创的。

德国科学在十九世纪的大发展，主要应归功于它同德国学术 199
传统的联系以及官方的赏识给科学家带来的巨大声望。而在英国和法国，这种赏识还是必须极力争取的。可是官办科学的这种蓬蓬勃勃的有系统的发展有利也有弊。弊端就是：第一，不厌其烦而又有点故弄玄虚的治学传统，广引博证和对所引事实的繁琐注释；第二，科赫，欧姆或弗朗霍费等有独创才能和非正统观念的天才所遇到的更大的困难。德国科学的最有利的局面到将近十九

世纪末叶才出现，正好赶上姗姗来迟的工业革命。英国的讲求实际的实业家瞧不起只讲理论的科学家，甚至美国的实业家在很大程度上也是如此；而德国的实业家却尊重这种科学家而且加以使用。德国化学工业尽管遇上战争和萧条，现在仍然是世界上最重要的化学工业。它过去的巨大发展就是靠了工业家和新的理论化学家之间的这种密切联系。这里还涉及国家利益。首先充分认识到科学对备战的价值的便是德国。军人阶层对科学所持的相当猛烈的反对态度并不能阻止德国陆军在1914年成为唯一得到科学界有效支持的军队。因此，科学有很多理由，理应得到官方支持。官方支持的方式与其说是拨给大量拨款，不如说是建立了一个组织完善的基础科学和高级科学教学体系。到1914年，德国科学在数量上已经大大超过世界其余国家；在质量上至少也不亚于任何其他国家。德国能够和世界其他国家对抗得这么久，主要就是由于这个原因。这一阶段中化学上的两项主要发明——把氮固定下来以便用于制造炸药的哈柏法和现代战争的主要新式武器毒气——都来源于德国。

德国科学史上最光辉之一页出现在世界大战之后。那时，战败的、饥饿的德国又在不稳定的国际大家庭中重新占有一席地位。德国在物质方面的损失由于人们可以自由地进行新的科研工作而且干劲十足而得到补偿。战争刚一结束，爱因斯坦的相对论就得到确凿的证明。这一成就使德国科学在战时遭到协约国的诽谤之后，又彻底恢复了原有的声望，可是做出这项贡献的人后来竟被赶
200 出德国并被剥夺国籍，这不能不说是历史的恶作剧之一。然而相对论虽然是伟大的成就，却只是物理学思想革命的一部分。这场革命的最高潮是1925年问世的新量子力学。这一成就主要也应归功于德国科学，虽然英国和法国也都起了作用。即便魏玛共和国

没有什么其他成就值得后人纪念，人们也会记得，在这个政府治下，科学有过这些和许多其他的伟大成就。

在经济萧条还没有粉碎那个由于战争创伤和无法解决的社会斗争已经满目疮痍的社会以前，德国在有组织的科学研究上是领先的。不过德国科学经费总额相对地来说并不算多。据估计，1930年* 德国政府直接拨出10,000,000马克，各邦政府拨出20,000,000马克供科学研究之用(不包括军事科研)。如把当时马克币值折合为英镑的二十分之一，这就等于由政府一共提供了1,500,000镑的经费，而以同样方式计算出来的英国经费则有1,200,000镑左右。如果我们完全依靠猜测把工业界的科研费用估计为此数的二至三倍，那末科研费用的总数应在4,500,000到6,000,000镑之间。这和英国的科研费用不相上下，然而德国国民收入为70,000,000,000马克，亦即3,500,000,000英镑，其中科研费用所占比例也许在千分之十三至十七之间，亦即为英国科研费用所占的百分比的一倍半。

比国家支持的科学更为重要的，也许便是德国在经济萧条之前就已经开始实行的一项办法，即科学和重工业挂钩的办法。这种办法在科学事业的发展中似乎足可以同大学分庭抗礼。其原型便是柏林和各地的威廉皇帝学会研究所。虽然这些研究所是由一个实业家协会在战前创办的，它们在一开头就显示出它们深刻理解工业对科学的需要。这些研究所从事基本研究，而不是象英国研究协会那样仅仅限于范围较狭窄的工业应用研究。此外，各大化学和机械工业企业也纷纷建立科研部门、其设备之完善是任何大学都不能望其项背的。在这些研究部门中，不仅使用青年科研人

* M. 波兰依，《德国国民经济》(Deutsche Volkswirt)，1930年5月23日。

员，还聘请有国际声誉的教授，只要求他们利用部分时间进行有利于企业的研究，而把其余时间用于基本性质的研究。在那些不理解自由主义政权在政治上的不稳定性和大资本垄断制度在经济上的不健全性的人们看来，德国似乎为科学应用的最有成效的发展指出了方向。可是仅在两三年之中，这一切全化为乌有。最有
201 名的科学家中有一半流亡国外，被降职或被投入狱中，大多数实验室都从事琐碎的工作或者备战工作。

法国的科学 法国的科学有过光荣的历史，然而它的发展并不是一帆风顺的。它同英国科学和荷兰科学一起在十七世纪成长起来，但却始终更具有官办和集中的性质。在初期，这并不妨碍它的发展。它在十八世纪末叶仍然是生气勃勃的。它不仅在失去了拉瓦锡的情况下度过了大革命，而且还靠了大革命的东风进入它的最兴旺时期。在1794年创立的工艺学校就是教授应用科学的第一所学院。它对民用和军用都有好处，受到拿破仑的赞助。它培养出的人才如此众多，使法国科学无疑在十九世纪初期居于世界前列。不过这种进展并没有维持下去；和其他国家相比，法国科学变得越来越不重要了，虽然也出过一些优秀人才。原因似乎主要在于资产阶级政府官僚习气严重，目光短浅，并且吝啬，不论是王国政府，帝国政府还是共和国政府都是如此。法国大科学家们对这些不利条件都深有体验，但是他们还是取得了成就。例如巴斯德和居里夫妇就毕生为争取人们充分支持科学研究而奋斗*。

* 《箴言报》拒绝刊登他所提出的要求建立实验室的呼吁，但是这个呼吁在1867年作为一本小册子出版了。它标志着人们对提供科学经费的必要性的认识：

“……他写道：最大胆的概念、最合理的思维，也只有当有可能进行观察和实验的时候才是有血有肉的。实验室和科学发现是相关的词。把实验室取消了，自然科学就出不了成果，变成死的东西了。它将仅是狭窄而无力的教条性质的科学，不再是进步而有前途的科学了。把实验室交还给它，它的生机、它的成果、它的力量就随即重新

不过在这整个期间，法国科学从未失去其出众的特点——非常清晰而漂亮的阐述。它所缺乏的并不是思想而是使那个思想产生成果的物质手段。在二十世纪的头二十五年中，法国科学跌到第三或第四位；它有一种内在的沮丧情绪。世界大战在人力和资源方面，都给予法国十分沉重的打击。科学界的老人统治在法国比在任何别的地方都为严重。

不过在最近几年，可以看出有了好转的趋势。首先是工业家开始认识到：在人力和物力上，都必须在比迄今为止大得多的规模上进行现代科学研究；新的研究所创立了；大发展的准备工作完成了。经济萧条在经济上和政治上对法国科学界的影响，同它对德国科学界的影响恰恰相反。法国科学家们鉴于德国的前车之

出现了。物理学家们和化学家们离开了自己的实验室，就象是战场上没有武器的士兵一样。从这些原则推而广之的道理是显而易见的：如果这些对人类有用的成就使你们动心的话、如果你们对电报、达盖式铅字、麻醉药以及这么多其他令人钦佩的发现的惊人效果仍然感到困惑不解的话、如果你们亟欲你的国家能够自称在促成这些美妙的发明中有一份功劳的话，我就恳求你们对人们富有表情地命名为"实验室"的这些神圣场所感到兴趣。你们应该要求增设这类場所并加以修饰；这些便是我们前途的神殿、是富裕和幸福的神殿。人类就是在这里壮大而且变得更为善良。它在那里学会阅读大自然的作品、阅读进步的和万物和谐的作品，而它自身的工作则往往是带有野蛮的、想入非非的和破坏性质的。

这些真理的和风吹到了一些民族的身上。三十年来，德国到处布满了设备齐全的实验室，而且每天都有新的设立起来，柏林和波恩建成了造价 4,000,000 的两座宫殿，二者都用于进行化学研究。圣彼得堡花了 3,000,000 来建造一所生理学研究院。英国、美国、奥地利和巴伐利亚都作了更加慷慨的捐献。……意大利也一下子走上了这条路。

那么法国将如何办呢？

而法国还没有采取行动。……

当我证实下列情况时，谁又能相信呢？在国家教育预算中没有一个钱拨给实验室以供发展自然科学之用，仅是通过一个虚构和变通的行政办法，作为教师的学者们才能够在教学开支项下，从国库支取某些个人劳动收入。"——摘自雷内·瓦雷里-腊多著《巴斯德传》，第215页。

他的呼吁产生了一些效果，不过居里夫人的女儿艾芙所著《居里夫人传》却生动地说明了法国在本世纪中还需要在这方面做多少工作。

鉴和他们自己对法西斯主义的体验而有所警惕。他们开始参加了当代的政治运动，但是他们并不因此而减少科学活动；反之，他们要求科学在建立一个自由而人道的世界的过程中占有其应有的地位。他们的工作显然有助于人民阵线的登台。人民阵线执政后
202 也为科学发展创造了优越得多的条件。在老科学家和民主人士让·佩兰的领导下，在居里·约里奥的协助下，成立了一个新的科学委员会。他们不仅在短期内使科研经费有所增加，而且使科研本身成为一项职业而不仅是教学的附属物。(参看附录VI。)但是变革远远不止是行政管理上的变革。科学工作者们自己还在他们新设立的工会中进行合作，正开始意识到自己的需要和自己在社会中的功能。考虑到这些变革都发生在战争威胁和政治动乱比以前任何时候都严重的时候，我们就不能不把这看作是蓬勃的科学复兴运动的证据了。

荷兰、比利时、瑞士和斯堪的纳维亚的科学 某些较小的欧洲国家——瑞士、比利时、荷兰和斯堪的纳维亚——的科学事业传统可以从十七世纪的伟大时期算起。虽然没有一个国家本身大得有足够力量在今天的科学思想上领先，不过由于在这些国家相对来说不存在使大国科学事业深受其害的政治偏见，这些国家都有一个更有连续性的传统和长期存在的高标准。再加上这些国家的普通教育水平都很高，所以这些国家的科学事业都有可贵的成绩，按人口来说，要比大国的科学成绩大得多。在这些小国里，科学家是受尊敬的社会成员。如果他再具有国际声誉，他的地位可能还超过国内政治家——这种情况在大国是不可能有的。要是不深知这些国家的科学工作情况，就很难说出其特点。由于它们国家小，这些特点必然比大国科学工作的特点更加取决于个人性格。各个科学工作者一般都受到这个或者那个较大的大陆学派的

影响，并且把这个学派的烙印带到自己本国的科学工作中去。总的来说，除了在比利时之外，处于支配地位的是德国学派的影响，但是在这些国家中，德国学派的官办性质和深奥的哲学性质已不复存在了。不过丹麦的经费筹措办法却需要加以特别说明。我们在这里可能碰上了一个独一无二的情况。一家大企业卡尔斯伯格酿造公司的创办人J. C. 雅克布森和卡尔·雅克布森把这家公司作为遗产，全部捐献出来，以支持科学研究和艺术。这个基金每年收入可观，可用于科研的金额达到 1,310,000 克朗，亦即 58,527 英镑。对于这样一个小国说来，这是一笔大款子。

奥地利和捷克斯洛伐克的科学　旧奥匈帝国的科学和德国 203
科学是不能截然分开的。这两国之间在思想上和人员上经常进行彻底的交流，而且教会的绝对影响近年来对科学已经不起什么妨碍作用了。不用说，奥匈帝国的科学事业在组织上和经费上都比不上德国，但是奥地利的科学自有其光辉之处。它在一个小而贫弱的国家中出色地维持下来，成为传统的自由的德国科学的最后代表，达五年之久。现在它也同德国科学一样，被粗暴地摧毁了，而且摧毁得更快。仅在短短几天之内就有八十八名教授和一百六十八名科研人员被解雇、被驱逐出境或者被囚禁。奥地利一下子就丧失了自己的差不多全部拥有国际声誉的科学家。

老传统目前仅仅在捷克斯洛伐克存在着。在那里，这个传统正受到迫在眉睫的战争和纳粹鼓动的内部分裂的威胁。

波兰、匈牙利和巴尔干诸国的科学　东欧国家中，仅有波兰具有本身的科学文化；其他国家的科学仅仅是德国科学的脆弱分支。只要它们一直是一小撮军事集团统治的农业国，科学就休想发展起来。波兰的科学研究是同民族希冀和革命热望结合在一起的。即使在那里，目前，科学家也显然由于政治原因而受到怀

疑。他们在经济上窘迫，在内部则由于反犹骚乱而惊恐不安。

西班牙和拉丁美洲的科学　　其余欧洲国家的科学事业的境况也不怎么美妙。意大利科学的现状将在讨论法西斯主义对科学的影响时加以研究。尽管它具有古老和出色的传统，还有某些才华出众的科学家，它在现代科学界只起着很小的作用。西班牙的情况就更差了，不过却有比较大的希望。西班牙在许多世纪中一直受到僧侣的支配，从来不象其他欧洲国家那样有发展科学的机会。西班牙的教会断定、而且是正确地断定：科学兴趣的增长是自由主义的一个征兆。它在十九世纪中通过几场暧昧不明的不幸的斗争把人们的科学兴趣压制下去了，虽然也有卡哈耳等才华出众的人物冲出来了。*不过在本世纪，教会的控制放松了，在一群英勇的先驱们引导下，在西班牙开始了一个发展科学的明确运动。在王政末期，它甚至还得到了官方的赏识。马德里大学城的建立就是一个典型例证。这个大学城最近被一批自命为西班牙文明的救世主的暴徒所摧毁了。幸而没有参加争自由的战斗的科学家都安
204 全撤退了。我们可以确信，一旦共和国取得胜利，在目前斗争中一直支持着西班牙共和国的新的进取精神就会使西班牙的科学事业大踏步向前发展。**

直到比较晚近时期，拉丁美洲的科学也和母国一样地困难重

---

*　要了解他对蒙昧主义的斗争经过，可参看S.拉蒙·伊·卡哈耳著《我的一生的回忆》。

**　西班牙科学家仍然在进行工作。尽管处于战时、遭到轰炸，并且缺乏一切必需品，他们继续进行科研工作而且甚至还发表了研究成果。除了希望留下的人之外，所有科学家都从马德里撤退了，先是撤退到巴伦西亚、后来又撤退到巴塞罗那，并由当局提供继续进行工作的手段。他们发表了许多论文，例如巴拉纳加教授关于数学的论文、莫勒斯教授关于化学的论文、杜佩里埃尔教授关于物理学的论文以及苏卢埃塔博士关于遗传学的论文。

重。在殖民地时期，特别是在其初期，拉丁美洲在历史学和采矿学方面取得了一些成就，但是人们不久就对此失去了兴趣。接着在十九世纪大部分期间连年发生革命和内战，对科学的发展毫无好处。不过在本世纪，在美国和自由主义思想的复活的影响下，一个可以寄以厚望的科学复兴正在开始中，特别是在墨西哥和阿根廷，在医学、生物学和考古学方面已经有了显著的进展。

美国的科学

一个没有在美国生活和工作过的人，要对那里的科学组织形式和科学的功效加以批判性评论，是不太恰当的。作者在下文仅仅想要指出美国在科学界似乎占有什么地位。到十八世纪末，伟大的十七世纪科学进展已成强弩之末。这时，物理学的重新诞生应归功于最伟大的美国人之一——本杰明·富兰克林。从十八世纪末叶科学发展的实用性质和功利性质处处可以看出富兰克林的鼓舞作用的痕迹。他不仅是十八世纪英国科学学会的倡导者，而且也是法国学会的倡导者。但是早期的美国人在科学之外，还有许许多多事情要做。所以在十九世纪初，当他们正在建立各州并且向西扩大自己的边疆的时候，美国科学没有名列世界前茅是不足为怪的。*在另一方面，美国对于科学知识的应用却作出了显著的贡献。世界上大多数基本机械设备都是靠了美国人的进取精神创造出来的。这里仅仅列举缝纫机、收割机、打字机几个例子就够了。美国人具有英国人的经验主义的特点，但视野更为广阔、从事实用活动的动力更大。美国人的创造精神无疑同他们的巨大自

* 不过请参看克劳瑟著《著名美国科学家传记》。

然资源和劳动力的不足有密切关系。不过在本世纪下半叶，创业者的进取精神已经收到累累果实：财富大大增加了、大型工业也
205 建立起来了。因此，美国科学也相应发生了变化。这部分地是两个因素所促成的：美国各地广泛建立了教育体系，包括设立大型免费大学在内*，而且几乎从一切欧洲国家都有人移居美国，其中有一些人富有才华 思想开通，影响很大。美国科学必然多少要随着美国学风的成长而成长。在上一世纪中，有一种模仿欧洲典范、特别是德国典范的趋势。在一个独树一帜的美国学派还没有形成之前，美国科学是英国的实践和理论及德国的实践和理论的混合体。美国有过出色的科学家、特别是伟大的威拉德·吉布斯，但是它在本世纪才开始建立自己的科学学派。**

研究工作单位变得越来越大，昂贵的设备的需求日益增加。这个变化几乎影响到科学的一切方面。随着这个变化，美国作出特殊贡献的机会也来到了。在建立各州工业的过程中集中到极少数人手中的财富有一部分又流回到科学事业中去了，所以在本世纪中，美国科学经费无疑一直是全世界最充足的。同时也不乏能够利用这些条件的才智之士。特别是在天文学方面，美国很快就取得优势。因为，在天文学领域只有最大、最费钱的望远镜才能够真正发现宇宙的新的现象。在物理学的许多分支、在医学、细胞学、遗传学和动物行为等方面也接着取得了成就。同时巨大的新工业企业也在进行技术研究工作，其规模之大，仅有德国能与之

---

* 这些学校的水平几乎不可避免地是很低的。那里的科研工作由于教学任务过多而受到严重阻碍。不过人们正在设法改善这一情况。见弗莱克斯纳《英、美、德三国大学》和《关于大学课程的报告》。美国的另一个特殊发展是群众博物馆。它不仅进行科研工作，而且还派出重要考察团到全世界各地去。

** 克劳瑟（见上文）论述过其原因。

相比，而且它们还雇用同时也进行基本科学研究的著名科学家。由于爱迪生创立了门洛公园实验室，开展工业科研的办法的确可说是起源于美国。不过这在本质上还只是应用科学；通用电器公司的斯克内克塔迪实验室才真正可以说是工业中的基本研究实验室的先驱。

不过，从美国科学的发展特别带有个人主义的特征也可以想见，美国科学事业有许多在英国也可以看到的同等程度的不协调的现象。他们已经通过建立国家科研委员会来进行某些改革。这个委员会在某些领域内规划一些互相积极配合的科研项目、并在一定程度上予以指导。可是它只控制科研经费的一小部分，而且在其他方面仅有提供谘询意见的权力。另一个重要的协调机构是美国促进科学协会。它相当于英国促进科学协会。由于许多主要 206
科学学会都是在它的主持下召集年会的，所以它的重要性也就更大一点。就经费筹措和对科学工作的有力指导而言，更重要的是洛克菲勒、卡内基或古根海姆等大型研究基金会。从国外看来，这些基金会有点象是起示范作用，指导人们怎样把钱得法地花在科学事业上。不过由于某些原因，它们还是很容易受到批评的。首先，基金会是纯粹的慈善机构。人们不能向它们提出什么要求，只能向它们提出申请。能说会道的研究津贴申请者占便宜，吹牛拍马本领差的人和研究所就要吃亏。往往很容易把钱花在鼓吹得比较厉害或者比较容易鼓吹的科学项目上，从而创造出一套虚假的价值标准。最后，津贴金额是武断决定的而且不可靠。没有任何科研项目或者科研人员能够指望得到五年以上的支援，而五年对于发展科学理论来说，是很短的期间。不过主要缺点还在于：虽然有许多管理委员会处于科学家控制之下，但金额的分配却不是根据科学家的有组织的一致意见决定的。毫无疑问，这些

机构所发放的津贴虽然带来极大的好处，但几乎要比用任何其他方式支付的科学经费都更加浪费金钱。

美国花费在科学事业上的金钱是极其可观的。如果我们以前面说的数字为根据(边码第 65 页)(这个数字不会有很大出入)，每年花在大学、政府和工业科研上的费用就有 300,000,000 美元，亦即 60,000,000 镑。这是英国科研费用的十倍，也许比苏联以外其余世界的科研费用总额还多。不过效用递减的规律显然也在这里起着作用。不论美国科学的贡献有多大，它总不能自称为科学进步作了十倍于英国或是德国的贡献。这个差距可以部分归因于报酬比较丰厚，特别是设备和基建费用花得比较多。但是应该说，美国科学家本身也有一些浪费。科学家的地位不能不受科学界以外的社会风尚的影响、特别是个人奋斗和重视宣扬的风尚。虽然比较优秀的美国科学家没有受到这种风尚的影响，不过从美国发表的大部分著作的质量可以十分清楚看出：这些风尚并不是没有起作用。如果说美国的出版物和同类的德国出版物有什么区别的话，那便是前者的篇幅更长一些。在德国，人们觉得只有为了把问题说透彻起见才需要多说几句，而在美国，人们都觉得，一个人的地
207 位可能取决于他发表的著作的篇幅。不过对科研工作进行宣传却是美国所独具的特点。这并非完全不利于科学。英国企业认为遵循传统方法是它们自己的一个特色。英国企业甚至把自己进行科研的事实隐瞒起来，而在美国，科研对于企业和进行科研的大学都有广告价值。因此，许多不大有直接实用价值的纯粹科学研究工作才有可能完成。在另一方面，这一做法无疑地也突出了可以大加宣传的学科，诸如天文学、原子内部结构、生命的本质或比较可怕的疾病的治疗方法等等，以至损害其他同等重要的学科。总而言之，我们可以说美国的科学也许可以说明一个建立在私营

企业和垄断企业混合体基础上的社会制度充其量可以为科学做到什么程度。它可以取得伟大成就，但是只要这个制度继续存在，它就永远不可能取得同所耗人力或物力资源相称的成就。

东方的科学

在十九世纪末叶以前，从事科学研究的人几乎只有住在美洲殖民地或自己本国的西欧人。东方比较古老的文明的确也产生过一些学者，然而他们仅仅以遵循固有传统为己任。这些传统大多同文艺复兴初期欧洲的固有传统处于同一水平，内容大体上也一样。科学是同更有力量的工业文明的其他外部标志一起突然传到东方去的。非欧洲国家的科学的发展程度很不相同，视帝国主义国家对这些国家的经济和政治控制的程度而定，印度和日本是两个极端例子。在印度一直有一个历史悠久而且没有中断过的、然而却在最近趋于衰败的科学传统。印度的数学家们曾经对数学的总的发展作出过卓越贡献。新思想和新教育方法随着英国统治而传入了，然而它们却是在和旧学术相对抗的情况下传入的，一开始就造成了传统学术和外来学术的更明显的对立。而且，从英国传入的教育方法在性质上过于偏重古典学术和文学而不注重科学。

印度的科学　印度科学实际上是在二十世纪才开始。我们可以有把握地说，印度蕴存着发展科学的巨大潜力；拉曼努疆的数学以及玻塞和拉曼① 的物理学成就已经表明印度的科学家是可 208

① 拉曼努疆(Ramanajan，S.1887—1920)印度著名的数学家；玻塞(Bose，S. N.1894—1974)印度物理学家；拉曼(Raman，C.V.，1888—1970)印度物理学家，发现"斯梅卡耳-拉曼效应"。——译者

以达到第一流水平的。可是只要印度科学所遇到的困难存在下去，印度科学就不可能大规模发展、尤其是不可能对印度文化产生任何重大影响。正象在生活的其他方面一样，印度人必然会感到有必要在科学上提高民族地位，不过这种态度总是不大自然的。首先，印度科学家必须通过英国的渠道去学习科学，而且要受到英国人对其治下民族的傲慢态度的欺凌。由于这个缘故，就产生了一种服从和自傲兼而有之的心理。这必然会影响到科学工作的质量。印度科学既由于它的不少概念和实验方法别出心裁而受人注意，也由于它自己独立进行工作时极端不可靠和缺乏鉴别力而受人注意。

不用说，除了驻印度的英国政府机构和军队以外，一切方面都缺乏经费，印度科学自然也是缺乏经费的。印度全年用于科研的经费总额也许不超过250,000镑，等于全体人口每人负担五十分之一便士，亦即可怜的国民收入1,700,000,000镑的百分之零点零一五，可是世界上却再没有什么国家比印度更迫切需要把科学知识加以应用了。为了把印度人民当中发展科学的巨大潜力解放出来，就有必要把他们改变为一个自力更生和自由的社会。也许今日印度科学的最优秀工作者并不是科学家，而是朝着这个目标奋斗的政治鼓动家。

日本的科学 日本的科学构成了一个十分鲜明的对照。日本人很快就把西方国家的先进军事技术和足以支持军事技术的机械技术一起接过来了，因而能够在欧洲人自己的侵略和掠夺游戏中胜过他们一筹。非常讲求实际和理性的日本人明白：西方人所以拥有这些极为可贵的力量，完全是由于科学的缘故，所以日本也必须拥有科学；可是单单通过模仿来创立科学，效果不大。的确，按社会财富来说，日本的工业和政府实验室和研究所同世界任

何其他地方的实验室比起来，可能规模更大、经费更充足、组织更为完善。但是这些研究所的工作成绩却是比较值得怀疑的，日本的确也产生了如野口英世① 这样的一些科学界著名人物，可是大部分日本研究工作似乎都具有德国科学和美国科学的缺点，而且有过之而无不及。内容过于繁琐、故弄玄虚而且缺乏想象力。而且不幸地，在不少情况下，也缺乏鉴别力和精确性。要把这些 209
缺点归咎于日本科学家是不公正的。在一个对危险思想进行日益严重的迫害的国家里，科学的独创性是不会受到奖励的。在当局比欧洲人更加露骨、更加无耻地利用科学来进行军事科研并且力图查明工厂工人生活所必需的绝对最低限度食物数量的时候，科学就不可能吸引最有才智的人去从事最出色的工作。近年来，这种官办的和军事性质的科学引起了一种值得注意但却是隐秘的反应。青年一代的日本科学家开始明白自己工作的社会意义：他们正在抛弃帝国主义和军人的神话“神道”及其更为激烈的现代版本“皇道”等，来独立地进行思考。假如在东西方同样面临的革命中，日本人民果真获得和平与自由的话，我们可以预期它的科学工作的质量也将随之大大改进。

中国的科学　最近几年，中国开始独立发展科学。有史以来，在大部分期间，中国一直是世界三四个伟大文明中心之一，而且在这一期间的大部分时间中，它还是一个政治和技术都最为发达的中心。研究一下为什么后来的现代科学和技术革命不发生在中国而发生在西方，是饶有趣味的。也许是由于在农业生活与受过经典教育的统治阶级之间，在必需品和奢侈品的充沛供应与

① 野口英世(1876—1928)日本著名的细菌学家。因1911年培养梅毒的病原体成功和1913年发现活动性麻痹及脊髓痨是梅毒性疾病而闻名于世界医学界。——译者

生产这些物品所需要的劳动力之间保持着十分令人满意的平衡，中国才没有必要把技术改进工作发展到某一限度之外。不管怎样，既然西方已经在技术上领先了，中国文化不经过彻底改组实际上就不可能建立起自己的科学，而且事实上，中国同西方发生接触的头一个后果便是加强了中国文化的保守主义，作为一种自卫措施。在整个十九世纪中，西方通过贸易战争、争夺租借地和破坏有秩序的政府等等，在中国进行干涉的可悲历史，也象妨碍印度科学发展那样，有效地阻止了中国的科学发展，虽然方式大不相同。

中国人从来都不象日本人那样享有充分的独立，可以大量输入西方技术和科学。即便他们有这样做的愿望，他们也无法做到这一步。只在1925年国民党上台以后，才在教会大学范围以外产生了一个建立民族科学的运动。由于美国政府对庚子赔款的开明
210 态度，中国的新科学在许多方面只不过是美国科学的一个分支。迄今还没有什么重要的成就或有独创性的成就，不过我们可以寄希望于中国传统工艺的非常高超的质量。在目前这场毁灭性战争中，侵略者特别着眼于破坏科学和学术中心，*战争使最有才能的人才都把精力用在其他任务上，不过从中国已有的成绩可以看出，经过适当改造的中国文化传统可以为科学事业提供一个非常良好的基础。的确，只要有了表现在中国文化的一切其他形式中的那种细心、踏实和分寸感，我们可以有理由相信中国还会对科学发展作出即令不比西方更大，至少也和西方一样大的贡献。

---

* 可以从下列事实估计出破坏的程度：不宣而战的战争进行了六个月后，20所大学和80所以上的中学毁于轰炸，有七万名学生被迫逃往内地；同时在整个日军占领时期，在剩下的教学中心中，整个课程都按照日本主人的口味加以修订，还要求学生去庆祝日本人战胜本国同胞的胜利。

伊斯兰国家的科学　伊斯兰世界的科学也有复兴的迹象。在头六个世纪中，伊斯兰教是传播和发展希腊科学的主要媒介。当它还具有极大的发展可能性时，它的文化进步由于蒙古人和突厥人的入侵而停顿了。和中国的情况一样，在西方科学的冲击下，立即产生的反应是变得更加保守了。这种保守主义仍然在大多数独立和半独立的穆斯林国家中继续存在。不过近来在埃及、叙利亚、土耳其和在苏维埃政权统治下的中央亚细亚，有了明显的变化迹象。在土耳其，人们就象推行其他更为惊人的加齐①改革那样地以无情的革新精神推广科学。旧的土耳其大学的水平提高了；新的大学成立了。仅次于英国和美国，土耳其成为德籍犹太学者的主要避难所，可是这些人中间的大多数人在最近的民族主义浪潮中又被驱赶出去了。要谈论这个政策效果如何，为时尚嫌过早，不过假如它取得成功的话，就一定会在整个穆斯林世界产生极大的反响。一旦人们可以证明这个政策是符合于或者进而有助于民族解放事业，宗教的保守力量就无法再阻挡这个政策前进了。

科学和法西斯主义

把迄今已经提到过的国家的科学状况回顾一下，就可以看出，这些国家的科学在组织形式上的共同性远远超过差异性。富国的科学很发达，穷国则很落后。但是科学本身却成为一种共同的文明形式，标志着大家普遍接受了现在变成了世界文明的西方文明，

① 加齐是伊斯兰教的一种英雄。在土耳其，这是授与凯旋归来的将军、总统的最高称号。——译者

我们看到了科学在各处随着工业的发展而发展着，而且愈来愈同垄断资本主义和民族经济制度密切结合起来。不过，到现在为止，
211 在这个过程中，科学的内部发展还没有遭到严重的干扰，科学的自由探讨和自由发表的基本原则还没有遭到进攻，但是这种情况已经不再是普遍存在的了。随着法西斯主义的兴起，这些原则已经受到了直接进攻，而且要是允许这种进攻发展下去的话，就会危及科学的进步，甚至危及科学本身的存在。

法西斯主义从本质上来说就是企图通过同时使用暴力和蛊惑人心的神秘宣传，去维持一个不稳定的和威信扫地的私营或垄断生产制度。这两个方面都要影响到科学。法西斯主义的理想是国家，或者不如说是种族和帝国。这是把还没有被征服的地区的居民囊括进去的一个方便办法。民族经济和民族精神特别需要培植。当科学可以起这种作用的时候，它是受重视的。当科学看起来会削弱民族经济和民族精神的时候，它就遭到歪曲或破坏。在这方面，法西斯主义就是要把在所有资本主义国家都已经可以看到的经济上和文化上的民族主义倾向从逻辑上贯彻到底。科学家的责任首先不再是发现真理或者为人类谋福利，而是在平时和战时为自己的国家服务。而和平时期则越来越干脆地变成备战阶段。

法西斯国家意大利的科学　　法西斯主义首先发生于意大利，不过它不象后来在德国那么彻底。在意大利，科学受到利用而不是被改造。为了国家的利益，意大利的科学家受到了宽容，甚至还得到了帮助。由于设立了一些主要是为了国民经济的目的而筹办的技术研究所，科学还有了某些物质上的进步。这些研究所的十分明确的目的在于使国家在战时不必依靠国外物资供应。至少在人文科学范围以外，科学思想受到的干涉是比较少的。历史当然遭到了歪曲，强调人道主义方面而不是强调军事方面的倾向

被颠倒过来了。社会学和经济学中存在的唯一倾向是保守主义。为了教会和国家的利益，一切进步思想都遭到镇压，不过并没有象在德国那样地用十分可笑的内容取而代之。科学家受到的主要影响就是他们同世界科学隔绝开来。除了一些经过十分周密的组织、想要使外界觉得墨索里尼十分关心科学进步的国际大会以外，意大利科学家基本上和国外科学家隔离开了。这部分地是由于他们在政治上不可靠、部分地由于缺乏旅费。另一个困难是语言障碍。为了维持民族威望，意大利科学著作必须用意大利文发表； 212
然而意大利文已经不再是大家都熟悉的语言了，所以这一条就有力地阻止了人们去充分利用剩下的唯一交流渠道。*结果就使意大利科学停留在本世纪初叶的比较低的水平上，毫无恢复过去的光荣传统的趋势。法西斯主义在镇压自由主义的同时，也成功地摧残了在意大利一直同自由主义有密切关系的科学精神。

纳粹科学　意大利的科学状况仅仅是今天可以在德国看到的大规模破坏过程的第一步。对德国科学的破坏，要是再继续多年，就可能成为文明发展过程中的大悲剧之一，因为德国科学同意大利科学不同，占有举足轻重的地位。这并不是说德国科学家处于发明创造的前列，而是因为德国已经担负起把全部科学加以系统化和法典化的任务，所以人类知识进展的记录大多掌握在德国人手中。已经取得的成就是湮没不了的，但是要在别的国家仓促整理出一整套科学发展的详尽彻底的记录却不是容易的事。比这更严重的也许是，这破坏了德国的科学精神、破坏了人们对耐心而精确地探索世界结构的爱好、破坏了对纯科学真理的内在价

---

* 意大利人参加一个国际科学出版物的问题有趣地说明了语言问题的人为性质。意大利人提出的参加条件是，要末同时使用英、法、德、意四种文字，要末不用法文以保持平衡。

值的信仰。

德国不象意大利，它是一个工业大国。从质量上说，它是世界上最重要的工业国。它的居民有一个研究学问的传统，热爱自由然而却不大有机会行使自由，所以，促成法西斯主义的兴起的经济和政治危机也就相应地比在意大利更为深刻。在那里产生的那种类型的法西斯主义也必然具有更为激烈和反动的性质。德国法西斯主义的首领是不满足于单单控制物质因素的；为了取得和保持权力，他们还必须对思想加以控制和改造。他们不仅要征服德国人的国家，而且还要征服德国人的灵魂。纳粹夺取权力所凭借的整个理由是如此明显地不合理性、经不起科学分析，以致要维护这些理由，就只能使非理性凌驾于理性之上，并使科学批判无能为力。但是单单这一消极方面还是不够的；仅仅把显而易见的真理否定掉就会在心理上留下空白；因而就有必要去宣扬，空前猛烈地宣扬明显的谬论。不幸，特别是在德国，的确可以找到
213 可以用来代替理性和科学的一整套信仰。在德国的思想界，过去一直有一股神秘的非理性的暗流。事实上，理性主义本身的确是从法国输入的自由主义的舶来品，而且具有讽刺意味的是，它还是由纳粹的鼻祖弗雷德里克大帝输入的。从德国的神秘主义者直到十八和十九世纪的哲学家们，一直存在着把暧昧和深奥混淆起来的倾向，不过促成这种倾向的一般都是一种慈爱和驯良兼而有之的心理，特别是在国家问题上。纳粹就抓住这种思想方式、或者不如说是不肯思想的方式，利用它来推崇种族和战争这两个孪生的观念。德国人受到自己的垄断资本家的悲惨奴役，为此要给他们以补偿。办法就是使本国垄断资本家在其他国家的对手屈从本国垄断资本家，并向德国人灌输一种思想，使他们觉得，德国人是天生优越的，只要他们愿意在这一期间服从必要的纪律、经受

备战和斗争的考验，他们就注定要统治全世界。

实际上他们的所做所为就是把资本主义的物质的和经济的形式保留下来，事实上还加以强化，因为他们摧毁了工会、使雇主成为自己工厂的太上皇，同时又轻蔑地抛弃了过去用来为资本主义的存在辩护的理想。为了支撑资本主义，他们不得不抛弃过去用来为资本主义辩护的自由主义理论。他们不得不走得更远一些，公开抛弃了自从人们鉴于几个大帝国的出现第一次提出以来就一直存在在世界上的两个理想：博爱和个人尊严。

为了保障少数人贪得无餍的利润和追求权力的欲望，他们不得不把不仅显然构成自由社会的基础而且显然也构成基督教社会的基础的价值标准倒置过来。*代之而起的血统和国土的理想根本毫无科学根据，所以他们就有必要对科学进行歪曲，以便找到根据。我们应该承认：人们在过去和今天公认为科学真理的东西大多是科学家们自己从他们的文化环境中得来的不合理性的偏见。不过科学的整个进步就在于觉察和驳斥这些偏见。地球转动现象

---

* 罗马的神学院和大学神圣联合会秘书在1938年4月13日写给包德里雅红衣主教的信中，列出了要求教师加以驳斥的八点谬论：

1. 人类种族由于天生的和不可改变的特性而彼此大不相同，最卑贱的种族和最高贵的种族之间的距离要比最卑贱的种族和最高等的动物之间的距离还要大。

2. 有必要用一切手段来保存并培育种族的活力和血统的纯粹；单单由于这个原故，一切可以促成这种结果的事情都是可以赞许和容许的。

3. 人类的一切智能和德性主要都来自血统，血统是种族特性的寓所。

4. 教育的主要目标是发展种族特性，启发人们把自己的种族看作是一种至善并对它产生炽烈的热爱。

5. 宗教本身有赖于种族法则而且必须适应这个法则。

6. 一切法律制度的第一源泉和最高法则是种族本能。

7. 宇宙是唯一的存在，它本身是有生命的存在物，包括人类在内的万物都只是这个宇宙的各种不同的和多变的形式。

8. 每一个人都仅仅通过国家而存在，并且仅仅是为国家而存在。他所以拥有他所拥有的一切仅仅是靠了国家的施舍。

和物种起源的发现就是理性和实践战胜感觉的重要事例。想要颠倒这个过程，而且以国家的名义要求恢复旧的偏见以取代新的发现，那就完全是另一回事了。任何一批科学家接受这个指令就等于签署自己的处决令。然而这正是纳粹强迫德国科学家做的事。
214 残留下来的正直看法一定是秘密的而且是反纳粹性质的，它经常有被秘密警察的活动扑灭的危险。纳粹要赢得科学家的忠诚或者至少赢得其服从显然不是很困难的——事实上要比取得教会的拥护容易得多。这主要应归咎于科学家的性格及其所受的训练；他们过分专心工作、过分从属于国家和工业机器、带有过多的很容易灌输的爱国思想。而且，由于纳粹把犹太人和社会主义者挑选出来作为攻击目标，他们就被人巧妙地分化了。*

---

* R．A． 布雷迪的《德国法西斯主义的精神和结构》讨论了纳粹为什么能够很容易地迫使德国科学家就范：

“当纳粹接管德国政治机构时，纳粹所看到的德国科学界的一般状况就是这样。1933年的研究界和科学界的实际情况颇能适应他们要把一切领域中的思想、组织和活动统一起来的纲领。因此，就范围和方法而言，没有什么根本性的改变。他们只不过是利用已经存在的趋势，坚决要求在研究和实践的各个领域之间建立起更加密切的工作联系，并把一切活动加以统筹，使之适应纳粹国家的目标而已。

不过假如这种‘统筹’真是象上面所说的那样——这种统筹似乎直接违反科学界本身的技术、衡量标准和意愿——科学家为什么不集体反抗呢？答案在于：在牵涉到科学知识的社会应用的时候，在问题超出他的狭窄工作范围的时候，典型的科学家，不论是由于他所受的训练的缘故也好，还是由于他的职业的缘故也好，并不比普通最无知的门外汉更愿意坚持科学法则和科学分析方法。而且在任何资本主义国家中，随时准备把‘老百姓’和有组织的劳工的利益看作是自己利益的科学家和学者寥寥无几。维布伦以为，工程师和科学家对工艺和效率的兴趣，即令不是必然地、也会自然而然地使他们同工人的兴趣——最大限度地提高产量和改善生活水平——结合起来。这是一位有名的经济学家所发表过的最天真的想法之一。没有任何理由相信资本主义国家中任何所谓的‘工程师苏维埃’会比最保守的企业家俱乐部进步一点。

要在这里研究事情为什么会是如此不幸地千真万确，就要占用过多的篇幅。不过我们也许值得指出：纳粹运动按其性质和目标来说就是要充分利用在各个领域中人们公认为根本标准的一些科学标准的严密性。从比较成熟的自然科学物理学和化学出发，通过生物学、心理学，并最后到达所谓‘社会科学’，变量的数目逐步有所增加，相关事

对犹太人的迫害　自然，即使用了纳粹的快速和残暴的方法，也不可能一下子摧毁德国科学精神。还必须以多种形式对德国科学的精神进行进攻。第一个而且也是最耸人听闻的办法就是把犹太人赶出科学界。犹太民族所特有的悲剧是：每当他们长期受到宽容以致可以把自己的才能用在有益于社会的工作时，他们迟早总是要成为他们所在国家的一切不幸事情的替罪羊。由于犹太人历来都不得不进行激烈的斗争，而且机会又很有限，再加上他们有尊重学问的传统，因此，他们在谋求脑力工作职位时具有某些优越条件。结果，在脑力工作中，犹太人对非犹太人的比例实际上大于犹太人在总人口中的比例。即使在德国，这种比例也并不意味着犹太人在任何这类职业中都处于支配地位，不过他们是很引人注目的，而且受到比较愚蠢和不得意的同行的嫉妒。在德国，象在英国之类国家那样，由于常识的缘故，由于各行业内外大

实的区域变得越来越多，关键问题变得越来越复杂，有偏见的动机和先入为主的观念的因素，作用也越来越大。在自然科学方面，纳粹对改造科学和科学家最不感兴趣——因为，在这里，科学是应用于重工业、战争和军国主义的技术和设备，自然资源的利用等等方面的。在另一方面，他们比较感兴趣的是心理学和社会科学的题材。他们依照预定的计划对研究成果进行限制、阉割、窜改、虚构和解释。如果纳粹的做法恰恰与此相反，那么，情况就会完全不同——也就是同公认的科学常规和思维习惯发生冲突。

但是即使在这个问题上，人们对科学家也还普遍存在着一种误解。他毕竟还是一个人而不是超人。在最好的环境中，也不能期望他总是一个目光锐利和讲求实际的'客观真理'的探索者和能够在自己专业范围以外冷静地从事分析的专家。一旦他越出自己的专业知识范围，似乎就没有多少所谓'智慧的转移'了，也没有多少科学思维习惯了。爱丁顿、秦斯、米利根、普朗克以及其他著名科学家的著作都说明，他们竟然头脑简单而天真地把民间传说的神话信以为真。比他们更加头脑简单而天真的例子在所有最近的哲学文献中是找不到的。甚至在希特勒上台之前，德国科学家们就已经是这样了，今天的一切其他科学家也都是这样。总之，人们动不动就指责科学家放弃了科学，其实，人们是太粗心大意了，误以为一个人力求在一个领域中进行严密的思考就自然而然地意味着他对任何事物都会进行严密的思考。在这里，科学家并无殊于常人。如果他情不自禁地想去概括自己所不知道的事物，他只不过是放弃理性标准，转而赞同未经鉴别的信仰而已。未经鉴别的信仰决不是科学，它是偏见本身的近亲。

多数人都持宽容态度的缘故，这些偏见本来一直是受到约束的。可是现在，在德国，这些偏见却变成了官方的信条了，后面还有整个法律的力量和受过彻底反犹反共宣传教育的黑衫队员的暴力做后盾。

犹太人在科学界尤其取得了受人尊敬的重要地位。把他们驱逐出去是对德国科学的直接而且沉重的打击，虽然这最终是会有利于其他国家的科学事业的。对犹太人的迫害愈来愈变本加厉。不但要迫害他们这些人而且要迫害他们的思想。纳粹当局发现犹太人的思想几乎包括了一切形式的清晰思想。如果犹太人在逻辑学、数学和物理学中所做的一切都肯定是错误的话，那末整个科学大厦就得拆除，并且要以贫乏的、不调和的材料来重建。这正是纳粹哲学家们要担负起来的工作。在外界看来，他们目前所取得的成绩显得可笑而且令人作呕。

他的研究领域越是狭窄——现代科学研究范围日益狭窄的趋势比先前更为普遍——他在自己研究领域以外就越是容易接近于偏执。正是在纳粹最少加以干扰的自然科学学科中，这种集中的研究所涉及的范围越来越小的现象最为显著。因而就产生了一个似乎矛盾的现象：自然科学家按他们所受的训练和气质来说似乎应该是最不容易感情冲动的，实际上也许却是人类当中最容易受到狂热分子和偏执分子诱惑的一类人——他由于不加鉴别地把人家叫他相信的事物当作严密的真理，所以是最偏执的人。

由于这个缘故，科学家本身也许是现代社会中所有受过特别训练的人们当中最容易受人利用和最容易与人'协调'的人。纳粹的确把许多大学教授解雇并把许多科学家从实验室中开除出去。不过被解雇的教授主要是属于社会科学领域的，而不是属于自然科学领域的。这是因为，在社会科学领域中，人们对纳粹纲领的意义有更为普遍的认识，批评得也更为坚决。而在自然科学领域中，按理说，人们的思想应该是严密的，实际上并不是那回事。在自然科学领域中被解雇的教授主要是犹太人或者一些与众不同的例外人物——一些同样不加鉴别地接受了同纳粹哲学背道而驰的信仰的人。

所以纳粹比较容易使一些学者和科学家与他们相'协调'，其结果，从表面上来看，他们就好象能够动员大部分德国知识分子的舆论和拥护，来支持他们自己精心设计的宣传。他们甚至很容易地从正式大学和诸如此类的地方抽调了一些人员，来充实他们的'种族科学'研究所——他们所以能够成功，是因为他们从国社党青年大学生中挑选了一些人员，并且强行改变了有关的科学标准以适应他们自己的特殊目的。"——罗伯特．A．布雷迪，《德国法西斯主义的精神和结构》，第76页。

目前最受尊敬的德国科学界的代表、反犹老手施塔克在《自 215
然》杂志中这样写道：

"当我在下文谈到物理学中两种主要心理类型的时候，我的意见是以经验为根据的。我研究过过去的大物理学家所以能有所发现的心理特点。我在自己四十年的科学生涯中，为了查明一些科学家的工作成果的主要源泉，对无数多少获得成功的当代物理学家和理论创造者及著作家进行了观察。在这个广泛的经验的基础上，我终于认识到，物理学领域的科学工作者有两种主要类型的心理状态。

实用主义精神不论在过去和现在都是成功的发明的创造源泉。而实用主义精神是把目光投向现实的，它的目的是判明主宰着已知现象的规律并且发现还没有发现的新现象和物体。……

教条主义学派的物理学家在物理领域中反其道而行之。他们的出发点是一些主要从自己头脑中产生出来的观念或者是他们对符号之间的关系所下的专断定义，他们可以赋予这些符号以概括的和物理学上的意义。他们通过逻辑推理和数学运算把它们结合起来，由此得出用数学公式表示的结果。……

爱因斯坦的相对论是以时空座标或其微分的专断定义为根据的。它也是教条主义精神产物的同等明显例子。另一个这类的例子是薛定谔的波动-机械说。他通过物理-数学奇技的惊人表演，首先得出一个微分方程式，作为最后结果。接着他就问：他的方程式中出现的函数可能具有何种物理学上的意义？为此，他提出了一种意见，专断地认为，在原子周围的广大空间地带充满了电子。可是其他教条主义的物理学

家们(玻恩、约尔丹、海森堡、索末菲)却违反基本的经验法则，以特有的方式为薛定谔的函数提供了另一个教条主义的意义。他们硬说，电子以不规则的方式在原子周围跳动，而且在外部活动，仿佛它是带着一个电荷同时存在于原子周围的所有各点上似的，这个电荷相当于电子在每一点上的统计学上的逗留时间。……

由于我有可能多次观察到德国教条主义精神对于我国物理学研究的发展所起的极大破坏作用，所以我对它开了战。在这场斗争中，我也对犹太人对德国科学的有害影响进行了斗争，因为我把他们看作是教条主义精神的主要鼓吹者和宣传者。

说到这里，我想起从事研究的科学家的精神面貌的民族性方面。可以从科学史举例证明：物理研究的奠基人，以及从伽利略和牛顿算起直到我们当代的物理学先驱们为止的伟
216 大科学发现者，几乎都是雅利安人，其中以日耳曼人为主。我们可以由此得出结论说：实用主义的思想倾向最常见于日耳曼人。如果查一查现代教条主义学说的创始者、代表人物和宣传家，我们就可以发现其中绝大多数是犹太人后裔。如果我们再回想到犹太人在建立神学教条主义中起了决定性的作用，而且马克思主义和共产主义教条的创始人和宣传家大多是犹太人的话，我们就必须确立和承认这样一个事实：出身于犹太种族的人特别经常地显出天生的教条主义思想倾向。”——《自然》杂志，第141卷，第770—72页。

他在黑衫队机关报《黑衫队》中发表的原文就更为露骨了：

“尤其是在一个领域中，我们可以遇到表露得最为强烈的“白种犹太人”精神，而且可以直接证实“白种犹太人”观点

> 和犹太学术与传统之间存在着共同点，这个领域便是科学界。把犹太人精神从科学界中肃清是我们最紧急的任务。因为科学处于关键地位，学术上的犹太主义总是可以从这里重新夺得影响国家生活的一切领域的重大力量。例如，很可以说明问题的是，在德国医学面临新的任务的时期，在人们等待着遗传学、种族卫生学和公共卫生学取得决定性成就的时期，我国的医学杂志竟在六个月之内，在总数2138篇文章中发表了1085篇外国人写的文章，其中包括苏联的俄国人写的116篇文章。这些外国人写的文章几乎毫不涉及看来急待我们解决的问题。在“交流经验”的幌子下，隐藏着所谓的科学的国际性原则，这个原则是犹太精神一直在宣扬的，因为它为无限制的自我推崇提供了根据。”(1937年7月15日)

对犹太人的迫害在国外产生了极大的反响，但是，学术界的共产党人、社会党人、和平主义者和自由主义者的命运就更悲惨得多了。对他们说来，不仅是失去工作，而且在不少情况下，还要被残暴地投入集中营。

对科学的镇压 这些措施本身本来已足以使德国科学一蹶不振，但是其实际影响范围还要大得多。凡是有一个科研人员和教师实际受到迫害，就必然有许多其他的人不敢维护纳粹国家所痛恨的客观标准以免暴露自己。大学和技术研究所的标准化工作也往往是这样。不仅校长以下的一切经选举产生的人员统统被纳粹党所任命的人员取代，而且在管理机构中还委任了一个地位很高的纯粹的纳粹官员。这样的人很少懂得科学，而且通常还从小就受到藐视智力活动的教育。德国科学家所享有的一个优越条件 217
之一——他感到自己是社会中重要而且受尊敬的成员——如今已不复存在了。科学工作主要是靠它本身的惰性进行下去；科学家

继续工作着，直到人家找到了反对他或者反对他的工作的某些借口为止。有些借口是基于种族上的理由，有些借口是基于政治上的理由。这种情况的第一个影响便是破坏了科学工作的自发性；独创性变得很危险了。

不过，只有等到新的一代科学家出现时，这个制度的全部影响才能显示出来，因为纳粹国家干涉得最具体的便是科学教育。第一，除开不准犹太学生进入大学之外，学生人数也锐减了*。还强调学生必须基本上出身于中产阶级和上层阶级。工人或农民出身的大学生人数目前已寥寥无几了。而且纳粹对大学实行改造的结果，学校越来越无法对许可入学的学生进行有效的教学。劳役和兵役耗费了多年的潜在学习时间，而且在学习中目前是把全部重点放在体育和德育上面，而不是放在智育上面。

“国家必须把它的教育机器的全部力量用来培育绝对健康的身体，而不是让它的儿童充满知识。发展心理能力仅是次要的。我们首要目的必须是发展性格、特别是发展意志力

* 下表说明德国大学学生数目减少情况：

招生人数

冬季学期	学生总人数	工程学	数学及自然科学	化学	医学
1932—3	116,154	14,477	12,951	3,543	32,437
1933—4	106,764	13,452	10,852	3,504	33,482
1934—5	89,093	10,310	7,943	3,006	30,123
1935—6	81,438	9,293	6,493	2,696	28,383
1936—7	67,082	7,649	4,616	2,058	22,797
变化的百分比(1932—3＝100)	57.8%	52.9%	35.6%	58%	70.2%

(E.Y.哈茨霍恩博士，《自然》杂志，第142卷，第175页。还可参看他的书《德国大学和国家社会主义》。)

以及勇于负责任的精神；科学训练要远远地放在后面。"——希特勒，《我的奋斗》，第542页。

一个好党员"一听到人提到元首的名字，眼睛就会发亮"；会进行军事操练，而且会为了自己的荣誉，以公认的传统普鲁士方式进行决斗。这样的人变成了理想的好学生。求知的倾向、特别是任何客观批判态度都肯定是个人往上爬的绊脚石。要是这种制度能经历一代时间，那就一定会把伟大的德国科学传统摧残一空。

一切科学都为备战服务 本来连一点伪科学的遮羞布也不要，可能要更干脆一点。显然，从血统和国土哲学的观点看来，科学是根本用不着的，然而有意识地在文化上实行野蛮主义、把欧洲文化传统作为非日耳曼的传统而有意加以摈斥，仅不过是纳粹运动的一个方面而已。另一个日益重要的方面是发展德国在世界上的势力。这两方面的矛盾在科学领域中显得最为突出。如果德国青年能够单凭赤裸裸的力量睥睨全世界和确立他们的优势，那就太好了。不幸现代战争却需要机器和有力的经济后盾，因而 218
需要科学。所以纳粹不得不自相矛盾地使用自己鄙视的方法来维持自己的力量。德国科学的存在也全靠这个军事和经济大国对科学工作成果的需要。但是在这里却存在一个最大的难题：为此目的究竟需要多少科学以及需要那一种科学？多年来，德国技术一直位居世界前列；它是以科学为基础的，不过要是仅仅维持原状，就不需要把科学进一步加以应用。在另一方面，如果要在军事上取得成功，要使国家能完全不依赖国外物资供应，就不仅要维持现状，而且还要创造和改进新的技术手段，这样便少不了科学。不过可以严格地规定科学的发展以达到这个目的为限。因而就有意识地制订了一个把科学事业变成国防部门的政策，即鼓励有助于直接间接的军事目的的各类科研，而且只鼓励这几类科研。从《我的

奋斗》中摘录的一段话说明，这始终是希特勒所力求达到的目标：

"种族国家也应该把科学看做是培养民族光荣感的手段。不但应从这个观点来教授世界史，而且还应该从这个观点讲授整个文化史。一个发明家不仅要作为发明家而显得伟大，而且要作为民族的一员而显得更为伟大。对于每一项伟大成就的钦佩情绪必须变成因为这个幸运的成功者属于本民族而深感自豪的情操。

学校课程必须有系统地依照这一方针来设置，而且在进行教育工作时，要使青年离开学校时，不是成为一个半和平主义者、一个民主派或者诸如此类的人，而是成为一个全心全意的德国人。"(第473页)

"让我们从小就教育德国人民只承认自己国家的权利，而且那怕是在保全个人品格的问题上，也不要让孩子的心灵沾染上'客观性'的祸害。"(第124页)

"种族国家必须把毕业青年的思想训练和体育训练当作自己的任务，并且通过国家机构来贯彻这个任务。就其主要内容而言，这种训练已经可以算是以后的兵役的准备阶段。……要把军队看作是国民教育的最后和最高级的学校……他必须在这里学习怎样保持缄默……而且还要学习在必要时如何沉默地忍受冤屈。"(第458—59页)

法兰克福大学校长厄恩斯特·克里克博士更露骨地说：

"大学教育目的何在？我们的大学训练的目的并不是客观的科学，而是军人的英雄科学、是富于战斗性和斗争性的科学。"——《论希特勒式学校与外国学校》，1937年。

219 所以在大学的物理课中，最受重视的不是关于宇宙或原子结构的基本理论，而是弹道力学。关于宇宙和原子结构的基本理论

都是犹太人创造的，因而要受到遣责。化学课自然而然地要适应生产炸药、毒气和代用原料的任务，发展德国自产的食物则变成了生物学的最重要的具体目标。*

在军事科研的掩护下，人们的确也设法暗中进行了不少真正的科学研究工作。剩下来的寥寥几个优秀科学家的确由于他们的同事受到镇压而得到了很大好处。不过后继无人，并且存在日益焦灼的气氛。

科学被歪曲得面目全非 这种把科学加以歪曲来为备战服务的行径，主要影响到比较精确的科学门类。在其他领域里，他们进行了性质上不同但破坏性更大的歪曲。人们必须为纳粹的种族优越的巨大神话和进行军事斗争的必要性提供科学根据。为此就有必要把生物学、心理学和社会科学整个地加以歪曲。在后几门学科中，他们对公认的事实大肆加以曲解，以至使这几门科学完全不复存在，然而却也竟然能找到一些显然乐意鼓吹这些理论的体面的德国科学家。的确这些理论都是其他国家的更为反动的科学家提出来的。事实上，纳粹观念的绝大部分都是舶来品。他们的最基本观念——他们的种族高人一等、是上帝指定的——完全是源出于犹太人。在德国，过去五十年中在人类学和社会学中取得的进展大多被消灭干净了。为了替德国重新采用野蛮刑法和恢复惩罚性刑罚作辩护，需要更为粗暴的解释。新的种族科学就出色

* "学校教育向年青的'种族的承担者'提供的知识在他以后成为'武器的承担者'的时候对他们也是有用的。马蹄钉未尝不可以用来学习表格。对数在弹道学中会得到最完美的校正。世界大战为学习地理学提供了无限的机会。历史中充满了战争策略的事例。化学既可以应用于增加粮食生产的斗争，也同样可以应用于毒气战。利用一台电动机或者一辆坦克同样可以对物理学问题加以清晰的解释。生物学上的关系不仅渊源于民族的迁徙，而且渊源于过去人为地强行建立国家的方式。外语教学同解释军事-政治问题有特别密切的关系。在德语课中，既可以引用格林的童话，也可以引用伟大的毛奇（德国著名的军事学家——译者）的话。"——《军事教育》，1935年11月。这段话在《纳粹德国的教育》一书中引述过，第17页。

地满足了这种需要，下面所引的几段话便是关于这种科学的权威性论述：

"不过，作为生命的基本力量的血统和国土都是国家-政治观点和英雄式生活方式的象征。它们为一种新型教育打下基础。……对我们说来，血统意味着什么呢？我们不能满足于物理学、化学和医学的学说。从种族一开始出现，这血统、这股生命的暗流，就具有象征性的意义，而且把我们指引到形而上学的领域中去。血统是躯体的构造者，也是种族精神的源泉。我们祖上的遗产隐藏于血统之中，种族体现于血统之中，人的性格和命运产生于血统；对人类说来，血统是隐蔽的暗流，它象征生命之流。人类可以从这里站起来，并登上光明的、精神勃勃的和明智的境界。"——K.克里克，《国家政治教育》，来比锡，1933年版。

220 "国家社会主义的特征在于：它对一切关于存在的问题采取了英雄的姿态。这个英雄的姿态渊源于唯一的和决定一切的信仰的表露，即血统和性格。种族和灵魂只不过是同一事物的不同名称而已。可以与之相适应的是一门新科学的兴起，我们可以把这种新的科学发现叫做种族科学。从足够高的高度可以看出，这门新科学只不过是一种达到日耳曼人的自我意识的影响深远的尝试而已。"——A。罗森堡。

罗伯特·A.布雷迪在《德国法西斯主义的精神和结构》一书中所引的一段话，第60页。

"阿道夫·希特勒的理想包含了一切可能的科学知识的绝对真理。……国家社会主义为人们在德国科学地进行工作提供了硕果仅存的可能性。……我们认为德国法律史家象一切科学家一样，只可能有一个出发点：即应该把德国历史仅

仅看作是德国国家社会主义的史前史。……我们认为：一切科学工作(它的目的毕竟还是为探索真理而服务)的研究成果都必须和国家社会主义的出发点相吻合。因此，国家社会党的纲领就变成了一切科学研究的唯一基础。……真正的阵线精神比科学讨论更为重要。……”——德国法学家领袖法兰克部长于1936年10月在蒂宾根所作的报告。

在所有这些领域中却产生了一个新困难。在国内镇压和歪曲科学是比较容易的，可是还有需要维持和扩大德国在国外的威望。如果歪曲科学的过程发展到顶点，德国科学家和国外科学家就没有共同语言了，纳粹以其特有的干脆而粗暴的办法来解决这个问题。他们不以在自己国内歪曲科学为满足，还要在国外歪曲它。例如在最近的刑法学会议上，他们把德国代表塞满会议，设法在会上通过一项赞成德国刑法理论的决议。他们打定主意，凡有可能就要利用在德国或国外举行的一切国际会议来歌颂纳粹国家。有一个例子可以说明他们怎样甚至在国外也做到这一点。他们干脆以撤出整个德国代表团为要挟，来阻止最著名的一位生物化学家宗德克教授参加阿姆斯特丹的一次大会。在这里，纳粹的政策是在科学的最关键问题上对科学发动进攻。不过迄今由于国际科学家间的礼貌传统的缘故，人们还没有在世界科学客观传统问题上展开对之有力的驳斥和辩护。

科学处于危机之中　法西斯主义的存在对科学是一种双重危险。凡是它的势力抬头的地方，科学就遭到毁灭。奥地利的悲 221
剧十分清楚地说明了这一点。除此之外，它的思想影响还蔓延到其他国家。这些思想到处加强了蒙昧主义势力，并损害了科学精神。在欧洲的每一国家，甚至在美国，反犹主义正在发展，随着发展的是科学上的民族主义。法西斯国家的科学发展清楚说明，不

论是科学的理论或者应用都与资本主义的经济和政治发展趋势根本不能相容。处于晚期的资本主义是经不起客观检查的；科学家必然变成批判家，而批判则是不能容许的。所以科学家不是闭口就得失业。如果他照第一种办法做，他实际上已不再是科学家了，而且无法把科学传统继续传下去；如果他不这样做，科学就会同样必然地而且更迅速地告终。在至今仍然实行资产阶级民主的国家里，科学家很容易用极其惊恐的态度看待法西斯统治下的科学事业的遭遇。不过他本国的科学的命运还是个未知数。它取决于和科学本身毫不相干的因素。除非科学家了解这些因素，而且知道怎样利用自己的力量来影响这些因素，他的处境就仅仅类乎坐以待毙的绵羊。幸而对这种情况有所警觉的人越来越多了，我们将在下一章中考察其结果。

科学与社会主义

科学与社会的关系从根本上来说有赖于社会本身的组织原则。直到现在，在讨论所有国家的科学事业时，我们一直基本上假定它们都是处于资本主义社会条件之下的。除开以维持经济制度为其基本职能的多多少少起限制作用的国家机器之外，人的生活和人与人的关系都受到下述两个因素之一的支配：依靠劳动而生活的必要性和雇用工人获取利润过活的可能性。宗教、文学和科学的独立传统都是在这个体制的范围内发展起来的，不过它们最终取决于自己对总的体制的适应性。它们为了前进都必须付出实际的代价，我们已经考察过科学和这个社会环境之间的关系，而且也说明了它的主要发展方向不是取决于大多数人民的需要，而是取决于那些为利润进行生产的人们的需要。必须认识到，这个动

机比先前的任何社会形态所产生的动机都更多更快地增进了我们对于宇宙的认识，不过我们也必须认识到，科学技术的发展本身 222
既为我们揭开了改善人类生活的前景，也为我们开辟了毁灭人类的可能性。现存的制度对前者是完全无法加以利用的，但对后者却是利用得过于得心应手了。

苏联的科学　在过去二十年中，现行的社会制度已经不是遍及全球的制度了。世界上已经有了一个国家，在那里，基本生产方式和社会关系完全不同了，因而科学同社会的关系也完全不同了。苏联和一切先前的文明社会不同之处在于：它在很大程度上是事前构思出来的，而且是人类第一次自觉地努力设计自己的社会活动的框架。这些观念的基础就是马克思、恩格斯和列宁在过去一百年中对发展中的资本主义所进行的批判。马克思是十九世纪迅速发展的科学传统培养出来的；他看到了科学向人类提供的可能性，不过和看到这些可能性的其他人不同，他明白这些可能性怎样不可能实现和为什么不可能实现。马克思主义国家的基本原则就是利用人类知识、科学和技术直接为人类造福。因此，当列宁建成这个国家并且在头几个关键年头击退其余世界的进攻，保住这个国家的时候，他首先考虑的问题之一便是怎样在实践中来这样地利用科学。马克思比当代科学家们更清楚地明白科学理论与其在技术上的应用有着多么密切的关系。*他看到理论与实践

* “那些所谓的1848年革命，只不过是一些微不足道的事件，是欧洲社会干硬外壳上的一些细小的裂口和缝隙。……

的确，这个社会革命并不是1848年发明出来的新东西。蒸汽、电力和自动纺机甚至是比巴尔贝斯、拉斯拜尔和布朗基诸位公民更危险万分的革命家。……

这里有一件可以作为我们十九世纪特征的伟大事实，一件任何政党都不敢否认的事实，一方面产生了以往人类历史上任何一个时代都不能想象的工业和科学的力量。而另一方面却显露出衰颓的征象，这种衰颓远远超过罗马帝国末期那一切载诸史册的可怕情景。

之间的这种不自觉的联系怎样可以变成自觉的，而且为了使两者都充分发展也有必要使这种联系成为自觉的。恩格斯是一个毕生研究当代科学的学者。他对这些观念有更其详尽的阐述。*列宁在流亡期间花了很大一部分时间对后来的科学发展进行分析和批

在我们这个时代，每一种事物好象都包含有自己的反面。我们看到，机器具有减少人类劳动和使劳动更有成效的神奇力量，然而却引起了饥饿和过度的疲劳。……甚至科学的纯洁光辉仿佛也只能在愚昧无知的黑暗背景上闪耀。我们的一切发现和进步，似乎结果是使物质力量具有理智生命，而人的生命则化为愚钝的物质力量。现代工业、科学与现代贫困、衰颓之间的这种对抗，我们时代的生产力与社会关系之间的这种对抗，是显而易见的、不可避免的和毋庸争辩的事实。有些党派可能为此痛哭流涕；另一些党派可能为了要摆脱现代冲突而希望抛开现代技术；还有一些党派可能以为工业上如此巨大的进步要以政治上同样巨大的倒退来补充。可是我们不会认错那个经常在这一切矛盾中出现的狡狯的精灵。我们知道，要使社会的新生力量很好地发挥作用，就只能由新生的人来掌握它们，而这些新生的人就是工人。工人也同机器本身一样，是现代的产物"。——马克思1856年在《人民报》创刊纪念会上的演说。摘自《马克思恩格斯选集》(中译本第二卷1972年版第78—79页)。

* "有了人，我们就开始有了历史。动物也有一部历史，即动物的起源和逐渐发展到现在这个样子的历史。但是这部历史是人替它们创造的，如果说它们自己也参预了创造，这也不是它们所知道和希望的。相反地，人离开狭义的动物愈远，就愈是有意识地自己创造自己的历史，不能预见的作用、不能控制的力量对这一历史的影响就愈小，历史的结果和预定的目的就愈加符合。但是，如果用这个尺度来衡量人类的历史，即使衡量现代最发达的民族的历史，我们就发现：在这里，预定的目的和达到的结果之间还总是存在着非常大的出入，不能预见的作用占了优势，不能控制的力量比有计划发动的力量强得多。只要人的最重要的历史活动，使人从动物界上升到人类并构成人的其他一切活动的物质基础的历史活动，满足人的生活需要的生产，即今天的社会生产，还被不可控制的力量的无意识的作用所左右，只要人所希望的目的只是作为例外才能实现，而且往往得到恰恰相反的结果，那末上述情形是不能不如此的。我们在最先进的工业国家中已经降服了自然力，迫使它为人们服务；这样我们就无限地增加了生产，使得一个小孩在今天所生产的东西，比以前的一百个成年人所生产的还要多。而结果又怎样呢？过度劳动日益增加，群众日益贫困，每十年一次大崩溃。达尔文并不知道，当他证明经济学家们当做最高的历史成就加以颂扬的自由竞争、生存斗争是动物界的正常状态的时候，他对人们、特别是对他的本国人作了多么辛辣的讽刺。只有一种能够有计划地生产和分配的自觉的社会生产组织，才能在社会关系方面把人从其余的动物中提升出来，正象一般生产曾经在物种关系方面把人从其余的动物中提升出来一样。历史的发展使这种社会生产组织日益成为必要，也日益成为可能。

判。*所以在内战的斗争和饥馑还没有结束的时候，新的苏维埃国家就开始按照自觉的方针和计划来加强科学事业了。

革命前的科学　困难是巨大的。自从叶卡特林娜女皇首次把科学引进俄国之后，它一直是沙皇国家的十足外来的、无法吸收的部分。对广大群众说来，它根本不存在。它总是有一点自由主义的味道。只是为了满足军政方面最低限度的需要、并为了让欧洲其他国家看到，俄国也拥有一所科学院，文明程度并不亚 223
于任何其他国家，科学才受到当局的宽容和有限的培植。伟大的俄国科学家象罗蒙诺索夫、门捷列也夫、柯瓦列夫斯基或巴甫洛夫，并不是由于靠了官方科学组织、而是不顾官方组织进行工作的。俄国科学十分依赖国外的科学、特别是德国和法国的科学。在俄国不仅雇用了许多外国科学家和技术人员，而且实际上所有的科学仪器全是进口的。的确在第一次大战之前，新生的俄国资产阶级开始需要科学。他们甚至设立了一所教授科学的免费大学，不少第一代苏联科学家就是从这里毕业出来的。不过这个运

一个新的历史时期将从这种社会生产组织开始，在这个新的历史时期中，人们自身以及他们的活动的一切方面，包括自然科学在内，都将突飞猛进，使已往的一切都大大地相形见绌。”——恩格斯《自然辩证法导言》，《马克思恩格斯选集》（中译本第三卷，1972年版第457—458页）。

* “我们知道，如果不恢复工业和农业（而且必须不按旧方式来恢复），那末共产主义社会是建设不成的。必须在现代最新科学成就的基础上恢复工业和农业。你们知道这样的基础就是电气化，只有全国一切工业和农业部门都电气化的时候，只有当你们真正负起这个任务的时候，你们才能替自己建成老一代人所不能建成的共产主义社会。你们面临的任务是全国的经济恢复工作，要在基于现代科学、技术和电力的现代技术基础上改造和恢复工农业。你们完全了解，不识字的人不能实现电气化，而且仅仅识字还不够。只懂得什么是电气化还不够，还应该懂得怎样在技术上把电气应用到工农业上去，应用到工农业的各个部门中去。每个人必须学会，并且必须教导一切劳动青年都学会。这就是一切有觉悟的共产主义者的任务。”——摘自列宁在俄国共产主义青年团第三次全国代表大会上的演说，《列宁选集》第四卷（中文本1972年版第350页）。

动对整个国家并无显著影响。*第一次大战、俄国革命、内战和饥馑当然不会使情况好转。一些年龄比较大的、比较保守的科学家逃亡国外；另有一些人死于疾病或饥饿；许多人拒绝同新制度合作，或者半心半意地、不理解地进行合作。苏联不得不在实际上毫无外援的情况下，从废墟上建立起一个新的和规模更大的科学事业。

早期的斗争　幸而科学家们看到了新政府一心一意要让科学有空前未有的发展机会，而且对它给予空前未有的重视。他们还看到自己的确可以第一次自由地实现自己的愿望。他就以自己的精力和热情来填补人数之不足。他们一开始就遇上一个双重的任务：建立苏联科学和苏联技术，同时帮助解决眼前国内建设上的问题。财力和人力都听任他们支配，不过在不少情况下，所需仪器却无法购得，而且工作人员都完全未经训练。1917到1927年期间的成就和这些成就是怎样取得的，都值得我们在今后极为仔

---

* 俄国科学的老前辈之一乔菲教授对沙皇俄国的物理学状况有过描述。物理学当时是比较发达的科学的典型：

"革命前的俄国可以因为自己拥有一些在物理学史上留下光辉业迹的学者而自豪。除了既是出色的物理学家，又是杰出的化学家的D.I.门捷列也夫之外，还可以举出P.N.列别捷夫、A.G.斯托列托夫以及B.B.戈里津。这三个人同光的压力、光效应和地震学等物理学上的重要成就有关。不过革命前的俄国学者一般都是一个人进行工作，既没有留下科学学派，也没有留下什么具体方针。他们自己的论题往往是通过同法国或者德国学者合作从国外学来的。俄国学者往往参预一个西欧的学派，从事同那个学派的论题有关的一些研究工作，然后以硕士学位论文形式提出自己的研究成果。进一步对这个论题加以发挥，作为他们的博士学位的论文主题，因此，他们保持国外思想中心的倾向是很自然的。没有产生出独立的俄国学派。

唯一的例外是彼得·尼古拉耶维奇·列别捷夫在莫斯科大学所创立的出色科学学派。可是卡索(1865—1914，俄国国民教育部长，斯托雷平的帮凶。——译者)的政策在1911年把它从这个庇护所中赶出来了。P.N.列别捷夫不久也就去世。……

革命前，在列宁格勒，物理学的情况还要差得多。列宁格勒大学一直没有出过什么成果。由于缺乏至关紧要的创造性的方针，由于起抑制作用的硕士考试制度，把最

细地加以研究，因为这将说明，在拥有高得多的科学水平的国家，一旦科学所受的限制消除，科学将具有极大生命力。下一个十年的进步是有保证的；科学和工业携手并进而且彼此密切联系，新的大学和学校开始培养出了经过训练的、或至少经过部分训练的科学家，人数之多是前所未有的。*有可能着手进行新的工作了，不仅要把老的科研工作进行下去，而且苏联科学还开始首次对世界科学的某些学科作出了卓著的贡献。

苏联科学的规模　要在本书范围内充分说明苏联科学的组织形式和成就是不可能的。我们已经有一两本关于这一题材的著

有天才的物理学家(杰松、米凯维奇、列别丁斯基)都从大学里驱赶出来了。……

在革命前，物理学几乎仅仅在大学里或者一两所高级技术学校中得到发展。物理学博士不超出十五名。从事工作的物理学家总数为100名，但对于其中大多数人来说，科学研究工作仅从属于他们的主要工作即，教学工作。……

列别捷夫学派和若干列宁格勒物理学家的工作具有相当大的科学趣味。不过大部分科研成果都不足以丰富科学世界。这些工作有一部分是'偏狭的'，只限于对观察到的现象加以描述，而没有在理论上加以解释。它们仅是外国工作的变种，各种常数的测定等等。列宁格勒大学降低了大学研究生的'科学工作'的标准。他们只要把最新外国杂志所发表的实验重做一遍就算是进行研究了。

连俄国物理学家的最出色的工作也只是不连贯的研究，不能形成明确的科学研究路线，没有为自己提出深刻的问题或者任何技术上的目标。可以说革命前的俄国几乎不存在技术物理学，也缺乏形成它的条件。由于干脆从国外引进包括工作图纸在内的现成技术，俄国技术根本不需要建立自己的科学基础，而且也没有这样一个基础。大学里的物理学科把本身看作是与实用无关的东西。大学保持着科学的'纯洁性'，小心翼翼地保护它不受技术的侵犯。

因此，虽然俄国物理学界拥有几个伟大的学者，它在革命前仍然是世界科学中最落后和最薄弱的部分之一。"

* 苏联政府已经批准把1937年下学期从国立大学和其他高等教育机构中毕业出来的12,520名青年专门人材分配到各人民委员部和其他机构中去。这批毕业生包括7190名各种专业的工程师、1049名农业学家、1115名动物技术专家、1274名医生、1087名物理学家、化学家、生物学家以及其他专家，342名兽医外科医生，298名经济学家和165名其他专家。在青年专家总数中，2083名派往重工业人民委员部、2527名派往农业人民委员部、1238名派往卫生人民委员部、760名派往俄罗斯加盟共和国的教育人民委员部。

作了*。不过还是有必要说明一下，苏联科学的组织形式和其他国
224 家的科学组织形式不同之处何在、说明它仍然得去应付的困难以及为了在全世界把科学组织起来，可以从中汲取什么教训。苏联科学的第一个特色是工作规模巨大。1937年的科学经费预算为1,000,000,000卢布。且不说这笔钱的购买力怎样，它至少是当时苏联国民收入的百分之一，相对地来说，是美国的三倍，英国的十倍。

这就说明他们实事求是地认识到，不应再把科学看成是一种奢侈品，而应把科学看成是社会结构的基本部分，在苏联，科学实际上在每一个阶段都同生产过程密切联系着，不过它是以大大不同于其他国家的联系方式来同生产过程联系的。苏联科学的主要实际目标是直接或间接地满足人的需要，而不是增加生产的利润。关心满足人类需要，就必然得改进生产方法。苏联科学在这样做的时候总是想缩短这些生产过程和减少实际人力消耗。然而它在这样做时所采用的方式很不同于资本主义经济中把科学加以应用的方式。首先，作为工人的劳动者是生产过程改革的不可分割的组成部分。他们的健康和舒适决不可以因为采取了显然更为经济的方法而受到损害**。更重要的是，用一切办法鼓励工人积极协助把科学应用于工业。在资本主义制度下，理论与实践的结合仅局限于研究所的科学家和工程师之间的合作；工人们只能是执行命令的人手，用不着思想。而且他们也毫无这样做的动力，因为改进的好处只会归老板所有，很可能还会使自己的工作更为艰苦。在苏联，伟大的斯达汉诺夫运动是工人本身可以在改变工

* 例如克劳瑟著《苏联的科学》；A.P.平克维奇著《苏联的科学与教育》。

** 参看《没有资本家的英国》，第459页。

业生产过程中起主要作用的生动证据(参看附录VII)。

科学规划　另一个主要区别是：苏联科学是一个完全统一的整体。各种问题不是个别地、而是作为一个相互关联的整体加以处理。科学是根据一个计划来发展的，而这个计划本身则仅是范围更大的物质和文化发展计划的一个部分。当然比起任何种类的生产计划来，科学工作计划具有的确定性是属于另一种性质的。科学工作领域包含着过多出乎意料的因素，无法在事前估计出会有什么新发现、或者有没有可能得出什么成果来。解决这些
困难的办法是，对无法预料的科学成果不作计划，而对可望取得 225
有价值成果的确定领域的研究工作，提出检查计划。它的主要特点是，把可以用于科学的经费按照从直接改进生产的观点来看，从发展更为完善的苏联科学的长远观点来看，都有可能取得最好效果的比例，在各学科和科学研究所之间进行分配。规定要苏联科学家们解决的问题的性质，见于最高科学管理机构苏联科学院今后几年的工作纲要中：

"科学院在眼前的工作是协助国家计划委员会起草第三个五年计划。科学院各研究所的主要力量将用来解决在去年三月间的会议上提出的十项具体问题。(这些问题并不就是科学院的全部工作，不过在此刻却是主要的而且占支配地位的问题，这一点自不待言。)科学院将集中精力解决与第三个五年计划有关的十个关键问题如下：

(1) 要发展寻找有用矿产，特别是锡、稀有金属和石油的地质学、地质化学和地质物理学勘探方法。

(2) 要在科学基础上通过建立全苏高压输电统一电力网，来解决电力输送问题。

(3) 要合理使用并扩大使用天然气和工厂副产品煤气

(虽然苏联的天然气资源大于美国，然而开采量仅为后者的五十分之一。)

(4) 要寻找内燃机新型燃料(将对连锁反应和爆炸过程、内燃机或电动汽车进行研究)。

(5) 要合理改进化学和冶金工艺过程；要研究出更好地利用设备和增加产量的科学方法。

(6) 要为进一步增加土壤肥力奠定基础，协助国家完成把谷物产量从七十亿普特提高到八十亿普特的目标(一普特相当于36常衡磅)。(为此，就需要对选种、土壤化学、植物生物学、肥料和农业机械化进行研究。)

(7) 要建立发展畜牧业和渔业的科学基地。

(8) 要发展遥控力学(机械遥控)并且通过理论物理学的应用来扩大工业中的自动化生产过程。

226 (9) 要起草苏联国民经济的收支平衡表，作为第三个五年计划的科学根据。

(10) 要研究苏联各民族的历史。

科学院将通过自己对这十个主要问题的研究，提供科学基础，以便国家计划委员会据此编制国民经济统一计划。科学院作为国家的最高科学机构，有责任按照国家的迫切重大问题，规定科研的总方向，并且有责任把各研究所的计划和国家的总计划协调起来。

这并不意味科学院要为自己的四十个研究所和各人民委员部所属的800个研究所规定详细计划。而且研究工作也不仅限于上述十个问题。然而这的确意味着：次要项目将服从整个国家迫切需要的项目。”——《英苏杂志》，第一卷，第5号，第14页。

这个纲要肯定是属于技术性质的，不过它还附带地谈到要在电力、固体和液体构造、化学反应性质、动植物生理学等方面进行比较长期的、不那么容易确定的基础研究。

组织机构　苏联科学组织机构比较复杂。还没有定形。在初期建立了一些临时机构，其中有些维持下来了，其余的都撤销了。目前的机构在很大程度上还是可变动的。全苏科学事业都由科学院来加以总的指导，不过科学院辖下的研究所只是全国研究所的一小部分。主要研究工作都是由大学研究实验室和重工业、轻工业、食品供应、卫生、农业等人民委员部所属研究机构进行的。科学院最初是以法国科学院和普鲁士科学院为蓝本建立起来的，是著名科学家的荣誉机构。现在，科学院已经扩大了自己的工作范围，不过扩大的办法不是增加成员、而是使每一个成员负责主管本身专业范围的一个或一个以上的研究所。虽然科学院院士仅有90名，科学院所属各研究所的科学工作者人数却有4000名以上。

大学和技术学校的主要职能当然是教育工作。但是它们各有其研究实验室。这些实验室和科学院的实验室保持密切联系。不过更重要的却是附属于工业的研究所，例如各冶金研究所、硅酸盐、纤维等研究所。这些并不是狭义的工业研究机构，而是从事 227
和工业有关的基本问题的研究，而且拥有极为著名的科学家。处于另一级的还有无数工厂实验室和野外农业试验站。向各研究所和工厂实验室提供经费的责任落在各人民委员部的肩上。它们的需要决定着这些研究所的科研方向。从科学角度看来，工农业中的研究所是和科学院密切联系的，在英国存在的大学和工业科研之间的隔阂在苏联大体上是不存在的。

科学事业的组织原则是：在问题与解决办法之间应存在有来

有往的交流渠道。由工厂实验室以精确方式提出的工业上的问题，交给了技术研究所。凡是需要解决的问题属于现有技术知识范围之内的，便在那里予以解决。如果事实证明人们对大自然的机制缺乏某种较为基本的理解，便把问题提交科学院处理。这样工业就可以向科学界提出新的和根源性的问题。同时，大学或科学院有了任何基本发现，也立即把这种发现转告工业实验室，使一切有用的发现尽快用于实践。瓦维洛夫的植物管理局就是这种密切结合的工作方法的一个出色例子。在那里，由于在经济上需要培育各种植物以适应苏联各地多种多样的气候和土壤条件，遗传学原理得到了充分发展，而且通过对人工培植植物的野生变种的研究，不但提供了一些极有价值的植物和杂交品种，还发现了古远的史前驯养中心以及当时的文明状况。还有不少类似例子，大多数可以在克劳瑟著《苏联的科学》一书中找到。

这个制度如何工作　　苏联的科学工作、仪器设备、实验室等等的具体情况根本上无殊于国外。不过在仪器设备的生产方面有一个值得注意的发展趋势。仪器不是交给各个工厂去生产，以致造成价格高和产品周转量小的后果，而是由研究所自已集中来生产，使生产可以合理化，从而使科学仪器既便宜，数量又多。这样，苏联在几乎一切领域中都变得不依赖国外仪器设备了。由于革命前国内根本不制造仪器，这一成就就更显得突出了。

但是在人员和科研工作的内部管理方面，管理原则就完全不
228 同于国外了。在短短几年中就已经有了不少变化，目前的内部组织形式是苏联的一切事业中常见的变动的结果。这个组织形式是个人负责和集体商讨制度的结合。它是根据人们在科研工作的特殊需要方面的经验制订的。研究所所长负责研究所的全面工作以及它的经费收支和行政管理。即使最后两个职能由另一个人来掌

管，情况也是这样。只有他才能作出最后决定。研究所的主要工作计划是经过工作人员在会议上加以讨论然后制订出来的。这些工作人员不但包括科学工作人员，而且还包括在其他国家中算作机械师和助手的人员。每年年初就要讨论总的工作计划，然后由所长或代表们参照其他研究所的计划或者工业或教育方面的需要进行修订。通过一系列的商讨后，就批准了一项简短的计划并且确定了预算。计划内容、特别是完成计划的时间，必然是有点不具体的，但要求有关方面在一定期间提出已完成的工作和还需要进行的工作的报告*。根据作者的经验来看，只有当所长和工作人员都自然而然地乐意通力合作时，计划总的说来才能够十分顺利地执行，否则就会引起磨擦和降低效率。幸而在苏联科学发展的速度下，不同气质或不同信仰的科学家之间的似乎无可避免的个人斗争，并不一定会象在其他国家那样引起相互的怨恨，因为科学发展十分迅速，受委屈或被误解的青年人总是有机会建立自己的研究所。

科学教育和文化普及　　苏联的科学事业决不仅仅是科研问题，甚至主要也不是科研问题。马克思主义者总是梦想建立一个处处都可以看到科学的社会。在这个社会中，科学成为教育和文化的基石。因此，在苏联，最令人注目的事情之一便是科学在教育中享有的地位以及它在群众爱好中占有的更为重要的地位。学校从一开头就向学生讲授科学的理论和实用方面的知识。虽然也让学生有相当多的时间去学文学，科学却是高级阶段的主要内容。在大学中进行的科学和技术教学都是十分彻底而有效的。大学生人数是革命前所无法比拟的，而且大学生人数在人口中所占的比

* 关于怎样进行规划的进一步的详情，见于《苏联的科学》，第87页以下。

重也要比英国和德国等技术上先进得多的国家都高。建立这一教育制度的困难是巨大的，因为能够找到的寥寥无几的教师也是更
229 为紧要的科学和工业研究任务所急需的。在初期阶段，这种需要如此急迫，不少学生经过短期的不全面的训练就派出去，不过现在已经不存在这种情况了。实际上已经根据英国标准把训练期限延长了；学生在最后取得学位之前必须在大学学习五年，并接着以三年的时间学习科研。苏联教育制度胜过其他国家（只有美国在一定程度上是例外）的巨大优点是：它能够从全体居民中，而不仅仅是从根据财产多寡武断地划分出来的一部分居民中吸收有才智的人。毫无疑问，一旦这个制度有了充分时间发挥作用，我们就将见到一批世界其他地方所无法比拟的有才智的科学工作者。

不过这一教育制度更其令人注目的地方是，成人对于科学所显示的极大兴趣。科学书籍——不但有科普书籍，还有实用和严肃的科学著作以及技术手册——的巨大销售量特别能说明这个情况。前一种书籍的主要目的并不象我们的书籍那样地是要使读者冥想宇宙的神秘，而是要说明人类怎样才能够利用科学来同自然作斗争以改善自己的境况。* 几乎一切稍为重要的科学著作，不论内容如何艰深，都译成了俄文，而且销路极广。狄拉克的《量子力学》的第一版仅仅在几个月内就在俄国销去了3,000册，而其英文版本在三年中仅售出2,000册。关于科学新发现的新闻或者科学大会的记录，就象王室新闻、犯罪新闻或者足球赛新闻在英国那样，受到极大重视或引起极大的兴趣。游乐园中举办科学节目，观众趋之若骛。来到苏联的所有外国访问者都注意到那里的人们对一切技术或科学性质的事物都具有不知满足的好奇心。造成这种心

* 一个令人钦佩的例子是伊林的著作，特别是《人和山》。

理的原因有二。第一是过去对科学一无所知的群众突然感受到科学的威力和趣味，情况就象学术传统从埃及人手中移转到希腊人手中时期或从希腊人手中转移到阿拉伯人手中时期一样，甚至有过之而无不及。另外一个因素是资本主义国家工人敌视科学的潜在意识在这里是完全不存在的；他们再也不用担心科学会被利用来强化生产，使他们失业，或者被利用来设计毁灭他们的武器。它已经成为他们自己的科学，由他们自己来使用。

苏联科学的特色 要讨论苏联科学的特色或其成就，为时尚嫌过早。从一开头就受到苏联科学观点和目标薰陶的第一代苏联科学家还来不及对世界科学作出贡献。已有的成绩是在旧政权 230
时代训练出来但在新政权条件下工作的人们作出的。在这里我们必须指出，虽然有物质上和技术上的不利条件，但是，社会为他们所提供的发挥才智的机会却大得多了。老科学家中仅有极少数目光远大的人看到这个机会并且充分加以利用。他们组织了大规模的研究工作，而且这样地取得了科学工作者个人所无法取得的成就。然而这种人寥寥无几，因而苏联目前的科学在性质上是很不均衡的。在某些领域中，特别是在出现巴甫洛夫学派的动物心理学方面、在动植物育种方面、在地质学和土壤科学方面、在物理化学、晶体物理学、空气动力学以及数学的某些分支中，苏联科学家已经对世界科学作出了贡献。在其他方面，特别是在化学这门核心科学中，他们还很落后*。

苏联科研工作在质量上的特点主要在于其独创性、特别是在选题方面。这一点可以直接归因于结合经验来选题的新倾向。苏

* 为了解苏联科学在二十年中的成就，可参看《自然》杂志，1937年10月号以及《先驱》1938年一月号。

联科学可以从普通经验中找出科学过去所没有接触过的问题来加以说明。而科学过去所以没有能接触到这些方面并不是因为这些方面困难或暧昧不清，而是因为这些方面不在常规科学传统范围以内。例如，李宾德的研究说明硬度是有赖于介质的一种表面现象。这不过是让科学之光照到新石器时代就知道的技术过程而已，可是以前却没有人想到把科学应用到这方面来。*

在另一方面，一个大缺点是没有足够严格的鉴别力，不过这也是意想得到的。鉴别力是由长期经验和历史悠久的学派所培养出来的。缺乏这种鉴别力是热情的年轻人的毛病之一，只有依靠时间和经验才能把它纠正过来。**还有一部分原因是，过去苏联科学与外界长期隔绝，而今天，政治、金融和语言的障碍仍然使它在很大程度上与外界隔绝。只有对各国的人数众多的科学家的工作加以比较，才能具有充分的鉴别力。

辩证唯物主义和科学　外界观察家对苏联科学所最不理解

---

* 见《苏联的科学》，第29页。

** 巴甫洛夫对他的学生们的临终遗嘱生动地表明了苏联科学的需要和发展前途（译按：以下译文曾参考过《中华俄语》1956年12月号黎泽济同志从俄文原文译出的中译文）。

“对于我国献身科学的青年，我所希望的是什么呢？

首先，是循序渐进，每当谈到有益的科学工作所必须具备的这一最重要的条件时，我总不能不激动。要循序渐进，要循序渐进，要循序渐进！你们从一开始工作起，就要使自己在积累知识方面习惯于严格地循序渐进。

要攀登科学高峰，必先研究科学的基础知识。前面的还未贯通，后面的千万不要去涉猎。无论何时都不要企图掩饰自己知识方面的缺陷，那怕是用最大胆的臆测与假定去掩饰。这种肥皂泡无论怎样五光十色，赏心悦目，它总免不了要破灭。那时你们除了难堪以外，将会一无所得。

要使自己习惯于审慎和坚忍。要学会作科学中的起码工作，要研究，要比较，要积累事实。

无论鸟翼怎样完善，不依托空气，它永远不能使鸟儿飞腾。事实就是科学家的空气。没有事实，你们永远飞不起来。没有事实，你们的“理论”便是枉费心机的挣扎。

但在研究、实验、观察时，切不要停滞在事实的外表，不要使自己成为事实的档案

的一个方面是它和哲学、特别是辩证唯物主义的关系。在其他国家中，科学似乎已经完全可以用不着哲学了。特别是在英国，人们就象上流社会人士不谈宗教那样，几乎从来不把哲学和科学联 231*
系在一起。随便那一个科学史学者都会看到，这仅仅是因为现代科学的基本哲学已经在十七世纪经过激烈讨论而获得解决了，此后就被默默地接受下来，作为实验科学发展的良好工作基础。

现在苏维埃国家的建立就是马克思的工作对这个哲学提出挑战的结果。十七世纪哲学和西方科学不可能在苏联被一起接受下来是理所当然的。可是目前还不存在其他经过深思熟虑的关于科学的哲学解释。马克思、恩格斯和列宁的确已经为这样一个制度描绘出了一个轮廓，不过他们虽然研究过科学，本身却不是科学家，而且他们作为革命家无论如何也实在过于忙碌了。结果苏联科学在其成长的过程中就一直在探索自己的哲学理论。这一直是

保管人。要力图深探事实发生的奥秘。要百折不挠地寻求支配事实的规律。

其次是谦逊。不论何时，你们都不要以为自己全都懂了。无论人家怎样推崇你们，始终要有勇气对自己说：我很浅薄。

不要流于骄傲，因为骄傲了，就会在需要和衷共济的场合固执己见；因为骄傲了，就会忠言逆耳，拒绝友好的帮助；因为骄傲了，就会丧失衡量客观的尺度。

在我所领导的那个集体里，一切都是靠友好合作的气氛进行的。我们大家担当着一项共同的事业，每个人都竭尽一己的能力和可能来促进这个事业。在我们那里，往往分辨不出哪些是"我的"，哪些是"你的"，而这样，只会有利于我们的共同事业。

第三是热情。要记住，科学要求人把自己一生都贡献出来。即使你们能活上两世，你们也还是感到生命的不够。科学要求人要十分紧张，要非常热情。

希望你们在学习中，在探索中拿出热情来！

我们祖国为科学家开辟了极广阔的天地，应该恰如其分地指出，科学在我国生活中的应用是广泛的，是极其广泛的！

关于我们的青年科学家的境遇，有什么可说的呢？这里不是一切都十分清楚吗？人们给他们不少东西，但期望于他们的也很多。不论是青年，不论是我们，荣誉攸关的问题就是不要辜负我们祖国对科学所寄与的厚望。"——摘自《巴甫洛夫和他的学派》，医学博士Y．P．弗罗洛夫教授著。

* 原书231—237为注释，中译本改排为脚注，页码从略。——编者

一个充满生气的、而且有时几乎还是很激烈的过程。*使问题更加复杂化的是，老科学家当然是不理解新观念的，而且甚至对新观念抱敌视态度，而青年科学家则缺乏充分的科学知识来有力地说明自己的论点。

要在这里来讨论这些论点是不可能的；只有研究过这个问题的人才能看到，新方法中有多么丰富的发人深省的观念、有多少可供研究和系统归纳时加以使用的新工具有待于人们去加以利用。我们希望苏联科学家们、也期望其他国家的科学家们对科学进行这样的再评价和其他的改造工作，不用说，辩证唯物主义决不能代替科学；它并不是通往知识的平坦大道。归纳法和证明仍然象过去一样存在着；所以诽谤苏联的人所提出的一些罪名——马克思主义是强加于科学发现之上的、对科学发现加以歪曲的教条——显然是荒谬的。任何人只要费神读一下马克思、恩格斯或列宁的著作就会马上看出这一点来。不过在另一方面，辩证唯物主义可以起两个作用：启发人们的思路，以便求得特别丰硕的成果；统一规划和组织科学研究各分支相互之间的关系和科学研究各分支同包含这些分支的社会过程之间的关系。如何把目前的科学加以改造使之既包含目前科学，又超过目前的科学，这是人类对苏联科学工作最感兴趣的地方。

---

* 例如在过去两年中，以遗传学基础为主题，展开了一场极其重要的论战。瓦维洛夫和李森科也同其他一些人一起参加了论战。由于在苏联境外介绍情况的文章不多，这次论战被渲染得不成样子。据说，当局坚决认为，遗传并不决定物种的进化或者人工驯养的动植物的发育；并认为，这是魏斯曼-拉马克关于育种和环境的相对重要性的论战的复活。实际上，当局并未提出这类极端的观点。不过遗传学家的确由于把一切遗传特性归因于染色体中的特殊基因，忽视了细胞质因素和环境因素而受到了批判。这些因素的重要性大概被他们的批判者过分夸大了。要想了解详情，请看海力克斯和赫利安塞斯在《现代季刊》中的文章，第一卷，第4号，第370页。

第 二 部 分

科学所能起的作用

第九章 培训科学家

改组科学工作

联系科学与社会的关系来考察一下科学现状，就足以看出，如果要使科学执行其职能，或者甚至仅仅保持它自己作为一种重要的人类活动的地位，就迫切需要进行重大改革。改组科学工作的某些方针应该根据对于科学目前缺点的考察来制定，不过单是消除这些缺点是不够的。这种零敲碎打的改革很容易收不到效果，部分地是因为各种改革可能步调不一致，不能相互配合，部分地也是因为可能引起其他各式各样的后果，以致可能分别地或者一起妨碍科学进展，违反改革者的初衷。科学工作的改组必须全面进行，不能由科学家们自己或者科学界以外的国家组织或经济组织来单独进行，而只有由大家遵照商定的方针通力合作才行。因此，科学究竟能否改组的问题，不单是或者甚至不主要是科学家的事。这是一个社会和政治问题。科学工作的改组的任何方面都涉及社会的经济和政治结构。不能把科学家的吸收和培养，科研经费的筹措和科学成果的应用等等仅仅看作是科学问题。如果要对这些问题进行有益的讨论的话，我们就应该采取某种社会的立场来对待科学。本书的第一部分已经说明了目前社会所采取的是什么立场，这种立场又如何有力地损害了科学。所以，为了改变这种情况，为了使科学能为人类福利而自由发展，社会本身就非进行改革不可。眼下不必详细规定要进行什么改革。只要作出这样一个假定就足够了：这样一个社会积极希望发展科学并用来造福人类，

而且准备为这种发展以及为其成果在社会中的最有效的利用提供手段。

扩展的必要性　这一点是需要加以强调的，因为科学所需
242 要的压倒一切的主要变革便是扩展，不是小规模而是极大规模的扩展，其规模可达目前的十倍左右。换句话说，在眼前，科学规模之不足比它的低下效率更为严重。从社会这方面来说，最粗略地计算一下，这就是把每年科学支出的预算增加为现有经费的十倍光景。这可能显得是一个有点过份的要求，但是考虑到目前预算的实际规模，这样的增加将有如九牛一毛，根本觉察不出来；它还不到国民收入的百分之一，而且只有当整个改革同时实行之时才会需要这么多的钱。实际上，在科学经费增加率达到实际可能的最大限度时、几乎可以肯定，只要有一个能利用其成果的经济制度，科学净开支——即毛开支扣除直接从中得到的利益——可以在不到五年之内减少到零，而变成不断增加的盈余，这样科学经费无论何时都不会超出国民收入的百分之零点五。

既有组织又能保持学术活动的自由　科学家所面临的问题就困难得多了。这是一个在保持和改进科学工作的效率和协调的同时，还要增加其强度和广度的问题。也绝对不能允许由于扩大科学规模和提高效率而降低科研工作的标准或者扼杀其自由和独创性。科学活动的整个体制，即科学人员的吸收、培养，内部组织以及科学成果的应用的强度和效用等方面，都需要同时扩大和改进。这是一项仅能由科学家自己来具体一一完成的任务。只有他们知道这个问题的种种困难以及不适当的改变可能引起的危险。无怪乎不少科学家、特别是老派的科学家，在这个任务面前畏缩不前。只要科学界还不失为一个自由活动场所，容许少数幸运儿由于出身和气质等偶然因素进入其中，他们就宁愿科学保持

效率低下和漆黑一团的状态。他们将会厌恶本章所提出的建议。只有看到科学是一种需要充分加以利用以便在物质上和文化上造福人类的好东西，而且看到要是不这样利用科学，科学本身就要首先遭殃的人，才会接受这些建议。

吸收科学家的办法 如果要发展科学，首先就得尽量利用现有人力资源。今天，在大多数国家，这就要求彻底改造吸收科学研究人员和教学人员的办法，英国自然也是如此。这个问题同另一个更带有普遍性质的教育改革问题有着内在的联系。这种改革应当消除一切建立在经济地位基础上的限制，为人们发挥自己的聪明才智提供充分机会。我们已经讨论过，现行制度在这些方 243
面远远地不符合要求。单单这样一个总的改革本身也还是不够的，还需要在教育体系的各个级别实行质的改革，使科学可以渗透到整个教育结构中去，而不至于显得是一个后来增添的、不协调的附加物。只有当科学能够渗透到整个教育中去，而且通过教育渗透到人们的整个人生观中去，人们才有可能合理地选择科学为其终身职业。我们不希望人们决定当科学家仅仅是由于科学工作收入丰厚，或者即使不是由于科学工作收入丰厚，也是由于当科学家能够摆脱商业工作的许多令人不快的限制。科学工作的吸引力应该部分地由于人们内在的求知欲，部分地由于人们认识到通过科学工作可以对社会作出重要和无私的贡献。只要有了多得多的人可供遴选，只要提高了人们的一般科学知识，就可以扩大进入科学界工作者的人数，同时提高从事科学工作的能力标准。

职业选择 但是，我们应该从一开头就明白，所需要的能力类型不仅是一种而是有好几种。在一个井井有序的科学运动中，既需要单纯从事科研工作的人才，也需要管理和教学人才。问题

是要把目前不完备的职业选择方法加以发展，以保证做到在任何时候都能挑选到适当比例的各种科学人才。很明显，随着科学的发展，这些比例会有显著变化。这部分是由于科学组织方式十分复杂而且不断变化，以致随着时间的进展需要越来越多有组织才能的人，部分也是由于在过渡时期需要在空前大的规模上建立各科学结构，以致十分侧重科学教学。

必须记着，只有同其他社会和经济改革措施同时进行，科学才有可能得到任何显著的发展，而且所有这些改革都需要相当多的人才。通过实行真正民主的教育制度，大量解放以前没有加以利用的人才，可以在很大程度上满足这个需要。即使不存在战争和社会斗争等消极因素，也无法肯定：在开头一些阶段，解放人才的速度是否会满足需要。这种过度的需求必然会在一个时期之内使许多在比较正常的情况下本来会进入科学界的人材不能进入科学界，所以就更有必要做到充分使用现有人员。

244 **敞开进入科研工作的大门** 为此目的，应该广开才路。一个人一定要通过小学、中学和大学这个常规教育系统才能从事科学生涯的清规戒律是毫无道理的。科学事业应该回到它的早期状态。那时它就象文学工作一样是一种自由职业。一个人在一生中的任何时期都可以从任何其他职业转到科学工作上来。过去在科学发展的全盛时期中，人们都特别重视把从事实际工作的人吸引到科学界来。这种倾向已经逐渐消失了，有必要把它恢复过来。应该提供教育上和经济上的有效便利条件并广为宣传，以便使从事各种工业，农业和办公室工作的人经过几年的训练后就可以实际参加和负责科学工作。

可以立刻投入科学工作的这类新兵便是实验室助理员。他们已经在实际科学工作中起了这么大的作用，但却不受人注意。吸

收他们的办法就是消除研究人员和助理员之间的界限，并扩大他们目前极为不足的变成正式科学家的手段。

我们必须发展业余科学学会——就是在目前这也是很容易做到的——以便使人们不再把这些业余科学学会看作是科学娱乐活动，而把它们看作是在发展科学工作中起着积极、负责和公认的作用的组织。有大量问题由能够相互配合进行观察的业余爱好者学会来解决，可以和研究所的研究人员解决得一样好，即令不比他们更为高明。当然在天文学和气象学中已经在这样做，可以很容易地把这个做法扩大到大多数其他领域中去。

有一些男女退休人员也可能对科学感到兴趣。这是一个过去没有利用过的科学人才来源，而且这个来源还有增多之势。科学研究中存在大量重复的和艰苦的观察工作以及分类工作和协调工作。这种工作虽然极为重要，在少年气盛的人看来，却是特别烦人的工作，对于想总结自己一生的工作成果而不想改变自己工作成果的人说来，却可能是合宜的。在文献和书目学领域中已经做了大量这种工作，可是在科学界中，迄今仍没有把这些人组织起来，以便利用这支乐意相助的力量。应该有可能在花费不多的情况下，不但保证一切有相当能力的这类人员，可以根据工作需要
自由出入实验室和图书馆并在家中使用工作上需要的仪器，而且 245
还保证他们的工作得到应有的重视。

吸收新人员的指导机关　迄今吸收新科学工作人员的事宜大多并无一定办法或由大学任命委员会之类互不配合的机构来处理。我们需要某种机构负责吸收新科研人员，以作为合理的科学组织方式的一个组成部分。这个机构当然应该同教育当局保持最密切的配合。只有经济学家的教科书才会说，进入任何职业的人数是由该职业的需要量自动决定的。实际上，由于人们对前景不

明，总是会存在供需之间的差距的；而且，除了就业情况的周期变动之外，在某些部门中还存在长期人手过剩现象，而在另外部门则存在长期的人员不足现象。不能要求毫无处世经验的学生具备预见能力，但却可以由一个权威机关来代劳，因为它不仅能够调查科学现状，而且可以了解它将来的一切发展计划。由于科学发展具有难以逆料的性质，当然这个权威机关的任务在科学界要比在几乎任何其他行业中更为艰巨。但是可以靠灵活性、特别是用适当调换职业的办法，来克服这个困难。人员缺乏大概是妨碍迅速发展科学的限制性因素。事实上，在不少忽视潜在人才来源的人看来，情况已经是这样了。所以一个吸收人才的机关，由于能够相当准确地指出在各门类和各学科之中可能存在哪些人才，因而可以作出十分有价值的贡献，从而防止由于意想不到的人员缺乏而使任何计划搁浅。

改变科学教学方法

我们已经强调指出过改革整个科学教学方法的重要性了。我们不仅需要在教育的每一个阶段提高对科学的重视程度，而且还需要对科学教学方法以及把科学教学同其他课程联系起来的方法进行彻底的改革。科学教学的目的有二：提供已经从自然界获得的系统知识基础，并且有效地传授过去和将来用来探索及检验这种知识的方法。不过这两件事不是互不相关的。如果学生不了解知识是怎样获得的，如果学生不能够以某种方式亲身参加科学发
246 现的过程，就绝对无法使他充分了解现有科学知识的全貌。现在的科学教学正是在后一方面失败得最为明显。即便在讲求实际的实验室工作中，传授科学方法的方式通常也仿佛仅仅包括测量和

简单的逻辑推理似的。几乎没有人尝试过怎样去发挥想象力以及怎样去创立和检验种种假说，其原因部分在于传统，部分在于经济，我们已在上文述及了。我们所希望的是把科研当作科学教学的一个不可分割的部分。这对于要把自己的科学知识用于日常生活或教学的人比对于有志在将来从事科研工作的人更为必要。

中学科学教学

在教育过程的各个不同阶段需要不同的改革。在中学，主要是需要普遍改变对科学的态度。科学应当从一开始就是课程的一个不可分割的部分，而不仅仅是附加的，甚或往往是可有可无的部分。不但要把科学作为一门学科来教，而且要使它渗透到一切学科的内容中。应该指出并说明它在历史上和现代生活中的重要性。必须打破把科学与人文学科截然区别开来，甚至互相对立的传统，并代之以科学的人文主义。同时，科学教学本身内容也必须人文化。需要对枯燥无味，就事论事的教学方法进行必要的改造，办法不是求助于神秘的理论，而是强调说明科学进步本身的生气勃勃和戏剧性的性质。在这里，科学史如果不是象目前那样孤立地来讲授，而是密切联系普通历史教学来讲授，就有助于改进现有的科学教条主义气氛。这样，科学史就会一方面说明人们所发现的科学原理是如何稳固地控制自然过程，另一方面又说明科学界在每一阶段所提出的合乎理性的解释、理论和假说不论多么必要，却又是多么不稳定和具有临时性质。单单过去的历史是不够的，不应该因为科学的最新发展还没有经过时间考验，就不把它们包括进去。绝对有必要强调指出科学不仅过去有过变化而且还在不断变化，有必要强调它是一种活动，不单是一堆事实而已。应

该联系日常生活的直接经验，把科学具有什么社会意义，它为人类提供了多大力量，人类可以对科学派什么用场以及人类在实际上已经给科学派了什么用场都原原本本地说清楚而且使其具体化。*

随着科学的进步、科学暂时抛开生活中比较遥远和比较暧昧
247 的部分——太空和化学的奥秘——不去加以解释，而变得越来越能够应付日常生活活动了。日常生活活动是人们最早的活动，然而却最后为人们所理解。只有遵照这个方针，只有让学生自己在他们已经接触到的事物中去找出新关系来，而不是让他们在人为简化的和不必要的抽象的实验中去寻找新关系，才能向学生们传授实用的科学方法(参看边码第74页)。在诸如摄影和无线电之类爱好以及在自然史的整个领域中，不仅有进行观察的机会，而且有进行实验和发明的机会。可以很容易地把实验生物学的整套新技术加以改造，使之适于学校使用，并使其朝着生理学的、心理学的和社会的观察和分析的方向发展。在学校中只能讲授精确科学，而且只有物理学和化学才是精确科学的老观念必须废除。不过在这样做的过程中(这个过程已在进行中)，存在着一种危险：有可能从足以锻炼人们的严格鉴别力的学术转移到用空洞的、往往带有感情的词句来进行描述的学术上来。不过可以利用统计学使生物学变成同其他科学一样实用而精确的科学。

一种有生气的课程 关于课程的具体细目或者科学教学的具体方法的整个问题不在本书范围之内**。即使这个问题仅有一

---

* H. G. 韦尔斯向美国促进科学协会所作的题为《教育的知识内容》的讲演，扼要说明了怎样才能使这种教学方法变成普通教育的一个组成部分。该文由《世界智囊》(World Brain)杂志予以转载(梅休因版，1938年)。霍格本的《大众科学》可作为这种教学的良好教科书。

** 关于这一点，循序渐进教育协会的美国委员会关于中等学校课程设置的研究成果是极其令人感到兴趣的。这一研究成果的简述载于他们的报告书中。

条答案，也不能就简单地肯定，正规而系统的教学方法比实用而散漫的教学方法好。但是不管结论如何，无疑在过去二十年或者特别是在过去十年的科学发展中，随着量子理论在物理学和化学中的发展，以及基因学说和生物化学理论在生物学中的发展，已经产生了一个总的描写方案，作为阐述的基础比以往的任何方案都容易掌握得多。在改造科学教学的工作中有必要这样地利用这种新知识，而不是象过去那样让它再搁置五十至一百年，作为考验期。

我们需要建立一个由积极从事科研的青年科学家和有经验的科学教师组成的一个常设委员会，以便经常检查科学教学，并且对教学不断提出改进意见并予以实行*。总是会有一些巨大既得利益势力，如考试制度的维护者和教科书编写者等反对这样做。人们正在逐渐认识到：目前存在的考试办法不但妨碍整个教育制度，对于应付考试的学生产生了严重影响，而且极端不可靠，很难达到其考察考生的相对能力的唯一表面目的。困难自然在于： 248
由于要对考试成绩优秀者给予金钱奖赏，人们过于注意防止一切弊端和虚假的知识，而不注意让应考者获得发挥才能的机会。由于考生人数多，大多数学校的监考者都仅是雇佣工作人员。其结果，由于要付出额外费用，由于除了编制老一套的试卷之外无法在任何方面得出任何一致的结论，一切改革的尝试都毫无结果。**不过人们却为了许多其他原因而迫切要求改革考试制度。这就使人们更加认识到要求改革的呼声不无道理：只要考试制度原封不

* 这类委员会，特别是英国科学教师协会以及循序渐进教育协会，已经设立而且正做出很好的成绩，但是它们没有足够的权威地位，到处受到考试制度的紧迫要求的限制。

** 参看菲利普·哈托格爵士和 E. C. 罗兹博士著：《对考试的考察》。

动，我们就永远不可能有合理的科学教学。

为大众所共有的科学　就科学而言，教育的目的是要保证大家不仅从现代知识的角度对世界有全面的了解，而且能懂得和应用这种知识所根据的论证方法。科学在这方面的特殊贡献，便是创造了量的推理方法，并使人理解现象是怎样地可以由不同原因造成的，每一个原因都在一定程度上起了作用。学校培养出的公民，应该不是象现在这样仅把数学理解为计算金镑、先令和便士的工具，而是把它当作考虑一切问题的方法。他对曲线、相关作用和统计分布概念，应该象对加减乘除一样熟悉。*只有具备这种条件，才能应付我们时代的经济和社会问题。此外，当遇上超出自己直接经验范围以外的具体问题时，他们应该知道到哪里去找答案。为此，并不必做到门门科学都懂，而是必须知道到哪里去可以找到科学，而且必须有充分知识，可以看出科学的总的方向。最后，有必要大大普及人们对科学重要性的全面认识，这部分地是因为科学只有在这种舆论的支持下，才能充分发展，部分地还因为这是我们防止神秘的狂热情绪和反理性的倾向的唯一有效保障，否则，这种情绪和倾向便会受一切反动势力的支配。

大学科学教学

改革大学中的科学教学，总的来说，应该遵照为中学提出的上述同一方针，不过在这里，由于必须为学生打下多得多和好得多的知识基础，我们必须更详细地考察其改革办法。首先改革的

---

* 霍格本著《大众数学》是第一本包含这些思想的简明的数学教科书。

应该是教学方法。正象我们已经说过的那样，大学教学也许比中学教学更容易陷入老一套的讲授和实习的常规中。在科学教学 249
中摆脱这种局面当然只是大学教学方法全面改革的部分内容。讲课制度必须削减并加以改革。只需要保留一定数量的讲课，内容只限于科学新分支或者老分支的新的方面，而且大部分由科研工作者自己来讲授，同时还应该在讲授中启发和提供用其他方法所无法获得的知识。可以为那些觉得听讲比阅读方便的人们保留一定数量的成套讲座，不过当然应该完全是选修的*。应该大大扩大个别辅导或小组辅导来代替讲课，范围要比目前在牛津和剑桥实行的更大，而更重要的是扩大学术讨论小组。有时人们借口在科学讲课中可以进行操作示范来为科学讲课辩护。这类操作示范大可以在小组讨论过程中进行，或者放在一个操作展览馆中，学生可以随时前往观看，而且这种示范应仅仅是学生们由于缺乏费用或缺乏经验而不能自行进行的那一部分实习课内容。

科研作为教学方法 同时实习课至少也得进行同样彻底的改革。目前一切实习活动都要末是进行准备工作，要末是进行测量工作，要末是进行描述工作。这些活动对科学研究是重要的，但其本身却是十分不够的。运用智力来选择解决特定问题所必需的仪器、运用智力来克服解释实验结果时所遇到的种种困难，其重要性不下于操作灵活和测量精确。解决这个问题的唯一有效办法是在极早阶段就采用科研办法。对于定量分析，吹玻璃或断面切割等某些技术说来，还是需要正式上几节课的。不过这也可以和科研的早期阶段同时进行：恢复比较原始的师傅带徒弟的教学制度也有一定好处。我们可以让学生跟随一个又一个科

* 牛津大学理科的某些系已经做到这一步了。

研工作者，每人以一两个月为期，以便直接看到人们如何解决真正的科学问题。学生不在大学里做过至少一两年研究工作，就无论如何不能毕业。将来从事教学的人比以后从事科研本身工作的人尤其应该这样。一个教师知道如何从事科学工作比积累大量知识更为重要。这些书面知识在他将来执教的学校中总是找得到的。还应当更加注意教学生读写科技文章，例如怎样去找寻关于某一课题的一切已知资料，以及怎样为原著写出优秀的概要，或者怎
250 样为他人的工作成果写出报告。的确，如果科学出版物按照我们后文所提出的建议大大合理化，上述第一种劳动就大体上不必要了。不过即使在那种情况下，学生们仍然有充分机会积极参与整理科学出版物的日常工作。学生尤其需要的，是自力更生地和通力合作地探索知识而不是去积累事实。

科学和文化　不过单是培养出一些仅仅算得上是优秀科研工作者或者至少懂得什么才算是良好的科学工作的人是不够的。同样重要的是：在大学里，他们在学习比较具体的科学知识的同时，应该更清楚地看到自己的工作和总的社会活动的关系。在这里，科学史又应该占有最重要的地位。也应该使学生明白整个工业结构或者同各门科学有关系的人类活动。不但要在正规教学中进行这样教育，而且要使学生实际体验，也就是让他们参观工业实验室或野外试验站，要是可能的话，还要让他们在那里工作。同时必须力求恢复古代大学把各种学科联系起来的精神。这在很大程度上可以通过非正规的办法做到，那就是设立科学家、历史学家和经济学家等等的共同学会，由这些学会商定一起探讨以各种方式影响到他们大家的当代问题。

所有这一切当然都需要大学增添人员以及在某种程度上增添设备，从而增加支出。不过人们很可能发现，如果这同科研工作

适当地配合起来，而且以大得多的规模进行的话，实际上费用会比目前所估计的少得多。

职业教育 仍然存在的问题是：究竟是否应该在大学设置一门科学课程还是根据学生将来不同职业设置许多科学课程，换言之，是否应该为将来继续从事科研或担任教学或企业工作的人分别设置不同课程。除开目前的及格成绩学位和优等成绩学位所代表的某种智力差别之外，这种做法似乎并没有什么好处。当大学生招生标准建立在智力基础上，而不是建立在财产基础上的时候，这些差别本身可能就会自动消失。期望学生在刚入学的时候或者离毕业还很远的时候就决定把自己对科学的兴趣转到上述哪一个目的上去，是很不公平的。然而教学和科研工作的确需要某种特殊训练。也许解决这个问题的最好办法不是改变课程，而是在后几年中给以特殊训练和开设科研课程，并且允许希望继续从事科研的学生有更高度的专业化。

专业化 专业化的整个问题自然是极难处理的。目前实行 251
的专业化，特别无助于专业化的目的。目前，学校过于集中地教授某些固定学科——化学、生物等——以致使学生无法学得普通文化知识，可是又由于这些学科内容繁多，不够深入而使学生无法获得具体工作能力。这种能力即使为学生所获得，也是在毕业后的研究工作中获得的。较好办法似乎是开一门范围较广的普通课程以及可以称之为“选样”的课程，也就是在某一学生将要从事的科研工作特别有关的有限领域内，实行比较深入的专业化。一个有点类似的方案正在牛津大学实行，并取得良好效果。在大学学习过程中，最好让学生不仅选修一门而是选修三四门此类“选样”课程，而且课程所涉及的领域要尽可能相距很远。这样做的总的结果是：大学培养出的学生不仅能很好地从事科研工作，而且能理解

自己所从事的这门科学究竟是干什么的以及如何在理论上和实践中用它来为人类造福。

高级大学 现代大学的学习期限现在变成了一个严重的问题。科学的广度和深度都大大增加了，历来的三年学制变得完全不够了。其他国家已经把学制延长为五年或甚至七年。这里的困难既在于学业方面也在于经济方面。在目前条件下延长学制就会推迟学生经济上自立的年龄，使他同学历较浅的竞争者相比处于不利地位。如果没有完善的生活津贴办法，这就只能使穷学生更苦。总之，应该把延长的年限的后几年明确地视为研究年限。发展高级大学的好处很多。它相当于目前的研究生班，但其地位和组织则更为明确。在这些大学里，工作人员同时兼有学生、合作者和教师的身份。他选修某些高级课程，自己独立进行研究并且根据自己的研究成果讲课，或在学术讨论会中同其他科研工作者就他们的研究成果进行讨论或有时同大学学生进行讨论。这些大学同普通大学还有一点不同：那里的工作将被视为一种职业或至少是见习期间的职业。研究生将得到收入，他们也将作出有益的研究工作以作为报答。附带说一下，也可以允许他们结婚，苏联的大多数这类学生就是这样。对他们来说这要比英国政府的
252 津贴办法禁止结婚所造成的情况好得多。当然这类机构的制度可以有很大伸缩性。它们不一定有具体地点，而且更象是处于某一训练阶段的一群人，而不象学校。它们不仅可以分散设于各大学，也可以设于其他地方的技术研究所中。

科研和教学 目前科研工作还不是一种完全得到公认的职业。大部分此类工作是由大学中已在从事教学的人员来进行的。教学与科研之间的适当比例还没有解决。目前的办法是把研究人员分成两类，一类是略有空暇时间来从事科研的大学教师，

一类是偶尔讲课的科研工作者，毫无疑问，目前这种办法是极其不能令人满意的。教师应该有更多时间进行科研，科研人员也应该做更多的教学工作。这两种类型的人，由于彼此之间个性和气质的根本不同，而总是判然有别。所以在实践中，除了可以使科研工作者和教师每隔数年换班一次之外，也不必将他们混淆起来。

在法国已经在行政上把教师和研究工作者的身份区别开了，使两种工作的相等的级别处于同一地位。他们之间在任何阶段都有变换工作的充分自由(见附录VI)。

修 订 课 程

到现在为止，本书已经十分概括地讨论了大学的科学教学问题，但是，更详尽地叙述一下大学教育各学科的课程需要进行的种种改革，还是值得的。人们对于目前课程的主要意见是认为课程内容过多，杂乱而且过时。因此，目前需要进行的改革从根本上来说就是更新和修订工作。我们必须缩短科学界接受某种新知识或新方法和大学将其纳入教学内容之间的时间差距。我们必须一面这样做，一面始终强调指出科学的暂时性和不断进步性，以避免有人提出批评意见，要求不要教授未经时间考验的知识。为此，教授科学史应具有极大意义。而且不仅要把新知识加在老课程之中，还要以连贯而灵活的方式使其有机地结合起来。显然，谁也不可能单独为大学科学教学内容的更新拟出近乎全面的规划
来。象在中学教育中那样，我们的要求是建立一个常设修订委员 253
会。它不但能了解科学进展情况，而且能吸收大学教学的最好经

验。毫无理由可以认为使用统一的教学方法是可取的，反之，允许在一定限度内有所不同，却可以促使人们进行试验和竞赛来寻找最好的方法。下面我们简单扼要地谈一谈，我个人对于大学科学课程的最急需而且事实上早就该实行的改革的看法。

物理学　在物理学中，总的目标应当是把人们对于极其多样化的现象所共有的数学机械关系的认识和人们对于现实世界的微观结构的描述结合起来。在说明关于运动、能量、平衡、惰性、振动和波动的一般观念时，可以不是单单联系，甚至不是主要联系现在已经变得相当乏味的古典力学的例子，而要联系整个科学知识的现代应用，例如量子力学或无线电工程学。必须打破热、光、电和磁的旧的历史界线而将其合并为一个完整的物理过程。科普书籍，甚至某些物理教科书已经这样做了*。在另一方面，必须象强调物理学的正规内容一样地强调物理学的意外内容。学生应该熟悉宇宙的基本结构单位，熟悉基本粒子，光子、电子、中子等等以及它们在原子核和分子中的组合体。本世纪的整个伟大研究成果应在大学物理教学中占有比迄今重要得多的地位。这些单位已不再是可疑的和神秘的事物，不仅可以谈论到而且几乎可以和比较常见的事物一样容易地加以试验。实用物理学完全可以在这一方面进行更多的研究工作。现在许多电学和光学仪器其实就是工具。在讲授这些仪器的使用方法时，让学生在解决某个特定的准科研问题过程中练习选择和装配这些仪器，在效果上可能比单单让学生使用这些仪器去进行日常测量要好得多。这些准科研问题可以按难易程度分成等级，但是每一个问题都应该是实际问题，而不是使人厌倦的练习。

---

* J. A. 普林斯：《现代科学基本原理》以及皮利：《电学》，1933 年。

化学　在化学中需要进行的改革的范围要比物理学为大，从正规的和理论的观点来看——，但不是从历史或实用观点来看——现在可以把化学视为应用物理学的一个特别分支。化学过程的全部机制以及这些机制所依赖的结构单位——原子、分子等——都是只有使用现代物理学术语才能给予充分描述的。而且，利用新的物理研究方法，诸如光谱或者晶体分析所取得的资 254
料，比利用化学分析的比较陈旧、比较复杂的逻辑所取得的资料直接得多。这些概念正在使化学发生一场革命，不过化学教学仍有待于改革。虽然这种改革需要十分彻底，以致使陈旧的方法面目全非，这种改革仍将证明是值得的，因为用新的观点来说明化学过程不但更有条理而且比用老的观点来论述，更容易理解。化学现在已不再是必须死记的财产和收据的清册，而变成了一门连贯而合乎逻辑的学科了。如果没有这样一个学科，现代化学家——大学正在不断培养出这种化学家来——就得吃力地去探索某些问题的答案，用了新方法就可以直接把答案找出来。然而实现这种过渡却不是容易办到的，这主要是因为化学界同工业界有密切联系，人员众多，要比规模较小的、职业性较强的学科难以推动得多。当然，并没有人建议放弃使用或甚至放弃讲授通过许多世纪的独立化学研究完善起来的有价值的化学反应和化学品配制方法，不过这类经验应放在这门学科的实习课中而不是放在理论课中。化学的实习课也一直有点停滞不前，仅限于可以非常容易进行大规模讲授的部分，即定量分析和定性分析以及简单的有机化学品配制过程。大学的实用化学和工业中最重要的化学生产过程之间不存在什么联系。应该把实用化学的范围扩大开来，以容纳真正现代的分析方法，诸如光学及晶体学的新物理方法以及现代化学应用的最重要的方面，即催化剂的使用，高温和高压化学以及许

多较简单的生化技术。*化学在生活的大多数领域，比物理学有更大的重要性，然而它迄今仍然是一门过于闭关自守的科学。化学家的兴趣一般比几乎任何其他科学家的兴趣都狭隘。这主要应归咎于化学的教学方法。化学在地质学和生物学中、在工业和日常生活中的作用应成为一切化学课程的组成部分。

天文学和地质学　宇宙科学(天文学、地球物理学、地质学和矿物学)长期比较受人忽视，直到现在才开始在大学教育中占有应有的一席地位。天文学主要是由于它的严格训练一直被认为不
255 宜作为大学本科学习的科目，不过天文学最困难的部分，是目前在科学上已经不甚重要、但仍然很必要的观察结果的归纳。天文物理学本身已经不再难以掌握，而且比物理学的许多其他分支有趣得多。关于这个题材的普及读物所取得的巨大成功，就可以说明这一点。因此，可以把它作为应用物理学的主要分支之一，在大学中加以学习，或者至少可以把它纳入一切专门的光谱学科之中。

鉴于地质学日益增长的经济重要性，大学教学对它普遍加以忽视的现象是没有道理的。中学不教地质学只能说明中学应该设置这门课程，而不能说明大学可以加以忽视。不过要是在大学里有效地讲授地质学，就得把目前的几乎是单纯描写性的和主要是供背诵的地质学变成真正有逻辑性的科学。除了在考古学方面，现代地质学正在朝这样一门科学转变中。这要归功于地球物理学、地球化学和晶体分析的新方法。人们开始对地球形成和变化的过程有了一个完整的概念。根据岩石证据来推断这些过程的方法正

* 维也纳大学已朝这方面开了一个头。马克教授已经把化学课程全部改组，让理论部分主要阐释量子力学和晶体学，而且还把化学专业通常在实习课中学习的大部分内容列入课程。马克教授离职之后，这个课程是否会存在下去殊堪怀疑。

变得越加直接而可靠了。假如能多花时间来了解这些方法以及这些方法背后的理论，并少花一些时间来记忆典型化石和地质分布的话，地质学不仅会变成更加科学的学科，而且能吸引一些比目前从事地质工作的人更有才气的人参加工作，结果也就会更迅速地发展起来。我们正是在地质学和矿物学中最清晰地看到了科学同实际经济问题——矿物资源的位置和开采——的联系。真正完善的地质学教学方法不仅意味着教授某些技术知识，而且还要传授必要的经济和政治知识以使其臻于完整。

生物学　目前生物学正在从主要是散漫的、描写性的和分类性的学科过渡到一元化的实验性科学。这门实验性科学从物理学和化学的最近成就中吸收不少内容作为它的许多基本观点。由于生物学领域广阔、内容复杂，这个变革要比那些比较简单的科学来得慢而且不那么具体，所以就更难提出一个既清楚、全面又现代化的教学方案来。不过实际上生物学正在转变，而且在它的转变过程中还吸引了年青一代中的比较聪明的科学家。这个事实意味着：生物学教学在不少地方已经比更老的、建立年代更久的物理学和化学，更接近于认识和实践的实际。生物学教学所缺少的 256
是连贯性和统一性；生物学的学说大多还是用语言叙述的而不是用定量形式表述的、其中既有根据观察得出的合乎逻辑的、或多少是似乎有道理的推断，也有从原始时代传下来的伦理和宗教观念的残余，构成一堆各种成分纷然杂陈的大杂烩。要提出一个真正完整或全面的理论现在还是不可能的。可能要花几十年或几百年才能完成这样的理论。危险在于：已经提出的理论可能同其他学科更经得起考验的理论受到同样默然的重视，对其中包含的神秘成分和合乎逻辑的成分不加区别。

纠正的办法在于讲授科学史，作为阐明现代观点的计划的一

部分。这在生物学中比在任何其他学科中更加迫切，更加必要。机械论者和活力论者之间，达尔文派和反达尔文派之间，预成论者和后成论者之间的论战，如果不当做古代和现代的政治宗教论战的一部分内容来加以说明，就令人无法理解而且会使人误入歧途。可以说在这种情况下、不如不谈理论只谈客观事实为好。不过这种倾向会造成观察资料的大量堆积以至完全无法处理，而且会促使人们暗暗采用比明明白白说出的学说更为粗糙的理论。此外，应该指出生物学理论的暂时性质和尝试性质。这不仅是一种警告而且是对进一步工作的激励。在任何其他领域中，再也找不到这样广阔的创立全面性理论的机会了。

在具体的生物学教学中，门类也还嫌过多。生物形态是分别依照它们的物理或化学功能以及这些形态在个体动物身上的发育过程来描述的。这些研究同揭开胚胎学奥秘的遗传学和进化过程相距太远。必需把功能、形态、发育和遗传作为整体加以阐述，以便清楚地看出相互之间的关系，因为只有这样才能使人完全领会每一细节的意义，才能避免为了填补人为分隔所造成的空白而创立的神秘学说。一旦在研究领域中为各生物学科的更密切的配合作出了安排，教学问题就好办得多了。不过在这以前，我们可以至少充分打破生理学、描写性动物学、植物学、生物化学和遗传学的界限，以避免各部分之间互相实际矛盾的提法，并且使各学科的阐述在一定程度上相互联系起来。

257 特别是在生物学中，重要的是讲授各种方法而不是结果。在旧有的野外观察和显微镜技术之外又有了许多新方法。这些新方法从本质上来说就是把其他学科的实验技术用到更加复杂而多变的生物材料上去。部分地由于统计方法的影响，部分地由于采用了物理和化学定量的精确测量方法，生物学开始成为一门定量科

学了。所有这一切都意味着有必要对现代生物学家进行范围更广的训练，不过他虽然因此掌握了这些新技术，却不应忘记自己所研究的特别复杂而多变的材料。

各种类型的研究的相互依赖，在生物学中日益重要。这不仅在于，每一项研究都需要参考同一或不同领域中数量日增的早先的观察资料，而且还在于，自觉地组织起来的协作研究变得日益必要。个人研究变得仅限于对总的概念进行深入探讨。实际的工作变成一种协作。这就意味着，特别是在生物学中，要教导学生认识协作的重要性。这个做法，当然也不仅限于生物学。在这里，最好和最简单的办法，是让学生有更多机会实际参加这种集体研究。

医学 目前由于生物学教学与医学之间的联系的性质，生物学教学产生极大混乱。有组织的生物学教学主要开始于医科学校。只是到比较晚近时期，其他行业，主要是和农业有关的其他行业，才为未经医科训练的生物学家提供就业机会。同时，人们也愈来愈清楚地看出，生物学的范围极广，不可能和医学实践直接联系起来。其结果就使两个学科产生潜在矛盾并变得不伦不类。可以明显地看出两种相反的倾向。在医科学校看来，鉴于生物学课程期限太长，把生物学训练削减到最低限度，并把生物学课程内容局限于可供医院医生或私人开业医生立即应用的方面是可取的*。其他的人则认为，对学习生物学学生的主要要求是培养对生物学问题的一种科学的和批判的态度，不论他们是否将来要当医生，象其中大多数人那样。这显然就需要设置学习期间

* 这就是莫特拉姆教授在为《科学遭受的摧残》一书所撰写的文章出色地表达的意见。还可参看第92页。

较长和学习内容不那么实用的课程。双方对现在的方案都不满意(参看边码第 80 页)。

在医学界选择、训练和使用人才的办法彻底改革之前，这个
258 难题是不大可能得到解决的。只要人们认为医生主要是一个收费行医的专业人员，而不是在一个卫生机构拿工资的人员，学医者的目的就只会是花费最少的时间和金钱以获得充足的训练。人们仅把学医作为一种投资，它的费用极为昂贵，贫穷的学生，除了最聪明的人以外，都会被摒诸门外，然而它却可以在收取相当费用的条件下，向聪明程度不等的人开门。由于这种异想天开的挑选和训练制度，医学院学生智力一般都显得比其他大学生低得多。他既无时间充分掌握科学方法，也没有能力掌握科学方法。结果，医生们本来可以用最聪明的办法应用现有最好的知识来治疗病人，却往往只是依靠传统和经验，而其效果大多也同原始医生的方法不相上下(参看边码第 16 页)。

应该象苏联的做法那样，完全根据能力来挑选医科学生，并给予补助金，使他们的学习期限比现在要长，以后由他们用自己的劳务来偿还他们对社会所欠的债务。这样就应该有可能制订出一个使医学界和科学界都满意的合理医学教育方案来。这样，学生们就有时间和能力去真正掌握人体的健康状态和疾病状态的基本原理，而且在以后就有更充分的机会在医院内外应付实际的病人，不仅在临床方面做到这一步，而且他们所以能做到这一步还因为他们参加了和医学实践一起发展起来的一切微生物学、生物化学和生理学研究活动。医学各科的协作变得越来越必要了，就象在生物学中一样，而且比在生物学中更加必要。普通医生还是需要的，但是他的主要作用将更具有社会和心理的性质。他的知识将更多地用于指导病人到适当的综合医院去就医，而不是象目前

这样，不得不勉强地不称职地去应付一切疾病*。

社会科学　本世纪中，在科学学科与人文学科之间产生了一些学科——心理学、社会学、人类学、考古学、语言学和经济学。它们都开始把自己算作科学，然而它们还刚刚开始离开单纯用语言描写和收集事实的阶段，虽然它们已经找到了自己的特殊规则和方法。除开对事实取得某些一致看法之外，这些学科都缺乏公认的理论，却存在着一些彼此矛盾极大的学说。每一学派都设法在内部取得某种一致性，然而各学科总的状况却是一片混乱。困难不仅在于人类社会存在和发展的极度复杂性，而且还在于这样 259
一个事实：由于这些学科涉及人类社会，它们就直接触及现今的伦理、政治和经济斗争，它们的学说也就多少不知不觉地反映了各种不同思潮的态度。在这种情况下，无怪乎这些学科的教学现状十分不能令人满意。除开各种混杂的看法之外，在所有国家中，甚至在表面上看来最民主的国家中，这些学科的教学也还存在着维护某些正统观念的明显的偏见。在法西斯国家中，这种偏见促成了严重歪曲事实的现象，以致使这些学科索性完全脱离了科学研究的范围。在我国，这种偏见以一种更为巧妙的形态出现，表现为一种表面看来极为严格的科学态度。因此一切按理说可以导致某种实际行动的观点都被认为具有倾向性而遭到排斥。社会科学的研究仅限于纯粹的分析。正如霍格本教授在悼念蒙丘尔·康韦的讲演中所说：

"明显的真相是：我国大学的社会科学研究的学术价值大体上都是劳而无功。凡是得出结论，认为人们应该做某件

* 克罗宁的小说《城堡》对普通开业医生的职能提出了显然相反的看法。书中认为开业医生应该负责兼顾病人的保健工作和疾病治疗。医生技术有限的困难可通过合作会诊来解决。需要通过实际试验来确定哪一个办法最好。

事或者可以做某件事的社会研究都被说成是'具有倾向性'。在天天歌颂纯学术的赞美诗中，这种调子就象大卫《诗篇》中的细拉①一样，反复出现，曲调庄严，令人昏昏欲睡。如果自然科学家们因为疑心科研工作者想探索怎样做一桩事，就禁止科研工作者进行一切研究，科学就要停滞不前了。科学态度与非科学态度的分野不在于是否想取得一定成果，而在于是否愿意在无法用一种方法取得结果时，就承认事实，并且设法采用其他方法。推崇不产生实际行动的'纯'思想必然招致应得的惩罚，那就是愈来愈想把理性和进步看作是破了产的自由主义迷信。年青的一代已经发现我们错了。他们爱行动而不加思考。这种可怜状况是思想和行动脱节的必然结果。"——《从理性退却》，兰斯洛特·霍格本(第9页)，纪念康韦悼词，1936年5月20日。

只有等到我们的社会生活的基础可以安然无虑地让人们进行合理的调查研究的时候，这些条件才可能大有改善。不过即使在目前，至少是在民主国家中，还是可能使社会科学各学科取得一定成就，具有更大的统一性和一致性。正象生物学中的生物行为和起源密切相关一样，我们对人类社会进行全面的研究时，也不能把个人行为与他们的政治和经济关系割裂开来，或者把社会结
260 构同这个结构从先前形态发展过来的过程割裂开来，那样就无法理解了。我们需要了解的是人类社会的连贯而统一的全貌，在其中，经济学、心理学、人类学分析和通过学术方法与考古学方法对历史的重新拟构等学科都占有其应得的一席地位。无论如何，

① 《诗篇》是《圣经》的一章。细拉是希伯来文《诗篇》中的一个含义不明的词，大约是咏唱时表明休止的用语。——译者

在走向把社会科学从分析性和描写性科学变为实验和应用科学的下一阶段中，这一步是非走不可的。

到现在为止，我们已经对大学科学教学的看来可取的各种改革作了粗略的阐述。我们希望这一阐述能够大体上指明，必须采取什么措施，然后才能希望培养出训练有素的学生去从事科研、科学教学和在其他行业中应用科学原理。我们并不要求照此进行改革，而是要大家认识到进行某种广泛改革的必要性，而且要求作出某种有组织的安排，以便促使这种改革尽可能既迅速又顺利。我们自始至终强调各科学学科之间的连贯性以及它们与社会的目前结构和今后发展的关系。

261
第十章　改组科研工作

若干首要的原则

对科学研究的现有方法和组织方式加以批评要比提出补救缺陷的任何有效办法容易得多。检验人们提出的改革措施的唯一可靠办法在于实践，因为我们没有其他方法可以确实地知道这些改革措施在消除一个已知的弊病的同时，是不是会引起意想不到的其他弊病。不过，我们已经在不同学科和机构中有了应用新方法的一定实际经验，可以作为一个总的指导方针。每一学科都有其大不相同的方法和操作方式。从每一学科中选出一些看来能取得最大效果的办法，就可大致看出怎样对科研工作的组织方式进行适当的改革，虽然这种改革还是临时的而且不完备的。处理科研问题所以需要特别小心是因为，科研是一种比教学更为新颖和更难以逆料的人类活动。同工业和行政工作比起来就更是如此了。任何想要向科研提供更大的支援和发展机会的措施，都要和可能限制科研工作者的自由或限制科研工作者的想象力的发挥的潜在危险放在一起考虑，权衡其利害得失。

我们需要经常记住两个主要的考虑。第一是：科研归根结蒂是由个人来进行的，所以首先要注意到各个科研工作者的条件。第二点是：由于进行科学研究是为了造福于整个人类，这就需要最有效地协调各个人的工作。理想的办法是使每一个人都能在一种组织形式里尽其所能，这个组织形式要能使他的工作成果发挥最大

的社会功用。主要的问题是怎样使整体的组织起来的需要和个人要求自由的需要调和起来。

作为职业的科学工作　我们还必须记着：科学并不是而且不可能变成一种自给自足的职业。正如我们已经说的那样，科学的确是有利可图的，但是除了极少的例外情况外，是否有利可图要取决于是否有相当大的经费供应和是否能在取得具体成果之前等待若干年。因此，科学家从事科研时很少把科研看做是谋取私 262
利的商业投机，而且在科学界内外的确都有不少人认为他们要是这样做就是错误的。由于这个原故，科学家经常需要得到个人、组织或者国家的补助才能继续工作，这是科学和其他职业不同之处。在社会主义经济中，情况也将是这样，正象在资本主义经济那样，不过在前一种情况中，由于每一种人类职业都处于同等地位，科学的特殊地位将会消失。在资本主义国家的现有条件下，任何组织科学工作的规划都应当不仅考虑必需有多少经费才能很好地维持和发展科学，而且还要考虑怎样来筹措这些经费。在任何情况下，科学界和社会的行政和经济机构之间应该有特别密切的组织上的联系。

但是这却不是容易做到的。科学不但是一种在职能上不同于其他职业的职业，而且由于其本身性质，它很难和其他职业配合。在目前条件下，行政人员和企业家普遍对科学事务茫无所知，科学家们则相应地毫不知道如何处理国家事务或企业管理工作。我们不得不面临下述两种危险之一：科学可能由一些有效能的行政官员管理，他们为了保证科学有充足的维持经费，不惜窒息和损害科学的内在发展，再不然由于把科学交给不善于处理行政工作的无权势的科学家去掌管，因而使科学继续处于半饥饿和涣散的状态。这个问题并不是解决不了的，但是要解决它，我们就要象前

面指出的那样，首先要把多得多的普通科学知识普及到人民中间去，特别是行政官员和企业家中间去。其次，要把广泛得多的关于公众事务的知识纳入培养科学家的教育内容中去。这样才会产生有能力的联络官员：行政科学家和科学行政人员。

专业化

这一点所以难以做到是同现代特有的科学的弊病密切有关——过分专业化。专业化不知不觉地发展起来，使人们对其利弊的看法莫衷一是。如果不进行极其深刻的研究，就无法探明在总的领域中或任何特定领域中，专业化有几成是由于科学学科发展的内在需要引起的、有几成是由于科学组织的无政府状态引起
263 的。因为这种无政府状态阻碍了学科之间的充分合作，无论如何会迫使有志取得成就的科学家把个人局限于极其狭窄的知识范围之内。上述两个因素都显然在起作用，但是只有其中之一是可以有效地加以控制的。只有取决于社会组织的那一部分专业化是可以取消的，但是如果取消了它的话，人们将会发觉，专业化的大部分弊病也会随之而消失。

在科学中专业化程度并不都是一样的。化学一类的某些学科是建立在一套比较简单的概念和运算的基础上的。这些学科构成了其它学科的很大一部分内容的基础。在化学领域之内，有相当程度的活动自由。伟大的化学家们由于自己对多种多样的化学课题作出了贡献而出名。所以在化学中，专业化总的说来是有害的，一个化学领域的专家在科学的进展过程中至多仅处于一个有用的但从根本上来说是次要的辅助者地位。在某一全面的研究工作要求他的专业提供一些意见时，他可以方便地供人咨询。

在另一方面，在生物学的许多分支中，所需要的与其说是一般原理——因为这些原理大多是从本学科以外借来的，在实践中用处不大——不如说是对大量互相关联的事实的具体知识和经验。这只能通过一个多多少少有限的领域内的经验而取得。例如，正因为真菌学家(“果蝇学家”更其是这样)是专家而且明白大量具体细节，所以他们才能胜任本行工作并且极为有用。即使对其他生物学家来说，去熟悉这些细节也是浪费时间，不过人们却可以从中得出对生物学和实际生活都有用处的生物学新原理和新方法。随着科学的进展，可能由于产生了完善理论，很多这类专家的工作会变得不必要了，不过与此同时，在新的领域中，在现有知识领域的扩大过程中，还可能产生新的专业。问题不在于怎样去取消专业化，而是在于如何最好地利用每一阶段真正需要的专业化。

专业化的控制　这在很大的程度上仅是一个组织上的问题。既然非专业化的科学家在每一个科学和教育机构中有了他们自己的实验室，就不应该再如此广泛地发展专门化的研究。目前的专业化的主要弊病之一是：在过多的大学或研究所中，每种专
业都只有一二名专家，这种孤立状态促使人类的知识畸形发展。 264
科学专家对于越来越少的事物掌握了越来越多的知识。如果认识到这一点，就不会让这些专家分散开来，而会把他们集中在各大科学工作中心的拥有十人或二十人的机构中。他们在那里会得到彼此合作的好处，同时又不致和科学界同行脱离得太远。并不是每一个科学中心都有必要设立拥有一切专业的研究所；在许多情况下，一个国家为每种专业设置一所研究所也就够了，在某些情况下，全世界上只要有一两个中心也就够了。即使这样做，还会存在这样的困难：没有设立某种专业研究所的科学中心会因此而受影响。补救之道是在比目前大得多的规模上向科学家们提供旅

行和接待便利条件。这样一个专家就可以有时按照专业需要在自己的研究所中工作，在他的专业领域中工作，有时在其他中心讲学和提供技术指导。

虽然这些改革会有帮助，专业化的内在弊病还需要更加彻底的处理。上面提出的教育改革方案一旦付诸实施，会比今天更清楚地揭示出各学科之间的联系。这只是一个步骤；另一个步骤是使科学刊物合理化。专家之所以与世隔绝在很大程度是由于：只有他才真正懂得关于这一学科的文献。这并不因为这种文献特别难懂，而是由于它的数量如此浩繁，有如迷宫，又没有充分的摘要或评述报告，专业以外的科学家可能得花几个月的时间才能找出一条路子来。因此，人们需要专家就象需要一种活百科全书那样，或者不如说象需要这样的百科全书中的一篇文章那样。我们应该明白，这是对人的品格的极大损害。专家的心理状态则埋藏得更深一些。专家的心理当然有其可贵的一面——意识到自己知道而且正在思考关于某一特殊问题的知识，并且能够说，在当时，在这一问题上，谁的知识都比不上自己。可是也有一个相应的弊病，就是把这种知识局限于如此狭窄的范围，以至别人不仅无法很好理解它的意义，甚至也无法很好理解它的内在结构。而且专家们还很容易地不知不觉地情不自禁地想要垄断某一小部分冷门的知识，不愿把这种知识阐述得使别人很容易理解，以便感到个人垄断知识的快乐，而这种垄断从根本上来说却是科学家的犯罪。专家的心理同一些掌握巫术、宗教、法律和医学秘法的人们
265 的心理非常相似。在一个人们都以追求个人的私人享受为理想的社会中，这是社会上的普遍压力在科学家思想上的反映。因而可知，一直要等到我们在人类相互合作的基础上建立起一个平等的社会，才能真正消除专业化的弊病。

实验室组织

科研组织形式的整个问题可以简化为两个问题：内部组织问题和外部组织问题。分界线取决于科研的所谓基本单位——实验室或研究所。这些单位的特点是有一批工作人员专门从事解决一组有连带关系的问题。第一个问题是怎样来管理一个实验室的内部问题，第二个问题是如何使各实验室的工作协调起来，以形成一个科学研究的统一结构。第一个问题主要涉及如何提供最好的条件，使各个研究人员能有效工作；第二个问题则涉及科学的一般状况以及它为人类服务的功能。这两个问题虽然是可以方便地分开来，却不可看做是互相无关的。一个实验室的内部效率在很多地方取决于它同其他实验室以及同国家和经济部门配合的有效程度，同时假如各实验室的管理方法有害于每个科学家的工作的最充分和最自由的发展的话，任何大规模科学组织规划，不论如何周密地加以设想和管理，都不会有丝毫价值。

作为基本单位的实验室　要想对什么才算是科研基本单位下一个标准定义是不可能的，而且事实上也是很可笑的。目前存在各种各样的这类单位，从一个人单独工作的实验室直到一所拥有几百名工作人员的洛克菲勒医学研究院的大型综合单位都有。不同的学科有不同的需要，主要要看某项工作的自给自足的程度以及它对实验室，机械和野外实验的依赖程度而定。不过也有某些限制条件说明，一个拥有五名至五十名合格工作人员并拥有同样数目至五倍于此数的技术助手的单位是一个比较自然的单位。这个限度大体上是由可以方便地而且可以在合理期间在任何共同工作中进行合作的人数决定的。如果人数太少，就不能进行充分的

有益的内部讨论；因为每一个人对于每一个人会说些什么知道得
266 太清楚了。同时还有同外界科学工作完全隔离的极大危险。经常可以看到极多小型实验室，虽然在解决问题的方法上具有明显的特性，却很容易落后于学术发展的总趋势，因而把才能浪费在别处已经解决了的问题上。

处于另一极端的大型研究所却由于机构庞大而实际上难以管理。大家对别人正在做什么除了有极其模糊的印象之外，根本无法了解。当许多人参加讨论的时候，只有少数人发言，其他不那么机敏但智力也并不一定就较差的人都保持缄默，不参与研究所总的工作。为了应付这种情况，就有了把大组分成小组的倾向——这肯定无疑地是这个单位过于庞大的征候。最后，行政管理问题也越来越多了。在苏联建国初期，对科研的特点还了解得不充分，成立了拥有几百人的大研究所，但是不久就在实践中发现，这些研究所管理起来很困难，效率很低，于是就把它们拆散为较小较易管理的单位。一个成绩优异的实验室会由于从外界吸收了有志加入的工作者而日益扩大，但是却不能允许它漫无限制地扩大下去。在某个阶段，应从学派的老资格成员中选择比较有能力的人来成立新的研究所。这样他们就可能把自己学到的优良传统同自己所爱好的科研项目的发展结合起来。这种新的项目在旧的研究所中不可避免地要受到某些阻碍。否则，这个研究所不仅有发展到机构臃肿程度的危险，而且在实验室原来创办人还没有死亡或者退休之前很早就有终于迅速萎缩的危险。这就指明了科学工作的最基本特点之一——发展、分裂和扩散的必要性。科学的职能不是维持现状而是发展，除非允许它发展，而且事实上还积极地帮助它发展，它就会被自己的产物所窒息。新的一代科学家必须比前一代的人数多，才能应付日益增长的客观事实和业务活

动。

协作事业　实验室中的工作人员对实验室的看法是具有关键重要性的。在早期个人从事科研时代，科学家在工作上的自由仅受到缺乏物质手段的限制。这种自由是早期科学获得迅速发展的最重要的因素之一。现代科学的发展已经使这种个人研究大多变得不仅效率低下而且实际上不可能了。没有科学界同道的积极的和日常的协助，一个人什么也做不成，但是这种协作必须足以保持早期自由的基本特点。必须让科学家们为了一个共同目标自 267
愿结合起来。正如我们已经指出的那样，由于经济上的考虑的压倒重要性，在目前这种自愿的结合是不多了。对一般科学家说来，谋生肯定要比仅仅想取得某种成绩更为重要。现在的实验室，每年以若干工资雇用一些工作人员去做吩咐他们做的事，工作人员把实验室看做是出产知识的工厂。(不幸这类实验室也实在太多了)这种实验室根本就不具备科学工作的基本特点，所以肯定不能取得多大的成果而且往往是毫无成果的。*

作为训练中心的实验室　当然，把实验室看作自愿联合团体的概念仅仅对受过充分训练的研究人员才完全适用。在某种程度上，每一个实验室也都是科学教育的最后一个阶段。如果期望所有学生在明了本领域的范围和困难之前，就对自己和别人应该在这个领域做些什么看得一清二白，那是荒谬的，但是通过较好的教育，就可以使聪明的研究生比较容易达到这种愿望。对于他们大多数人说来，在实验室里，他们可以学到技术并多少了解自己以后的努力方向。我们还得谈一谈年龄较大的研究人员、特别

---

* 把实验室看作是自愿结合的团体的概念，实际上是科学上最早的概念之一，十七世纪的契芒托科学研究院几乎是根据一个宗教团体的模型建立的。它合作得极为密切，根本不计及个人工作成绩，一切成就都以研究院全体的名义发表。

是实验室创办人的处境。他们一定会感到，在实验室里，他们可以看到自己早年在不那么有声望的日子里所孜孜从事的理想正在由许多人付诸实现。

民主办实验室 这些不同的方面虽然在目前往往互相冲突，却不是非冲突不可的。没有理由可以说，为什么实验室不可以在同时成为其青年成员的学校、成为大多数成员的学会或联谊会、成为老年成员的管辖地。有必要更加有意识地对所有这些方面进行估价并且不让一个方面支配所有其他方面。在有些实验室中、特别是在大学实验室中，由于全神贯注于教学而妨碍了最重要的科研工作；在另外一些实验室，由于室主任的独断独行的性格，使其余人员变成他的奴仆。解决这些困难的关键，是在实验室中把明智的个人领导同民主管理适当结合起来。迄今官方对于实验室工作的态度仅强调了前一方面。由于实验室是围绕教授和他的助手们发展起来的，而不是自由科研工作者的自愿协会，所以实验室的管理工作在原则上一直是独断独行的，虽然明智的教
268 授们在实际上也允许相当程度的内部自治。

解决实验室内部管理问题的一个办法，是根据经验考虑为了开展实验室工作所必须完成的各种任务以及完成这些任务所必需的人员的资历。下文所述的适用于一个多少一般化的物理或生物实验室，要加以修改后才能适用于农业、医学或应用科学的实验室。当然在一个小实验室中，许多不同的任务可能由同一个人来执行，但是每一个任务都是实验室总的活动的一个具体而独立的部分。

实验室主任 首先是实验室的总的领导工作。人们通常总是认为，每一个实验室都必须设置某种负责的主任。在大多数情况下，这也许是对的，然而不应把这看作是必然的原则，没有理

由可以说，为什么实验室委员会或委员会所指派的某个行政人员不可以兼任室主任并且任命一个秘书以处理比较带有行政性质的事务。*正如在一切政治事务中一样，我们需要把个人专制或无能的危险性同一个团体不团结、步调不一致、以致整个工作一塌糊涂的利害加以权衡。根据在特定时间或地点可以从事工作的人们的气质和能力来判断，其中总是有一个方法可能比较适宜。在一个科学实验室里，如果有一个人靠着他的指导思想明显地起着带路人作用，他就乐意被选为负单独责任的主任；在其他情况下，也可以由一个小组来领导。小组的成员和衷共济提出一套办法。这套办法只有通过彼此密切合作才能有效地加以实现。

迄今，在绝大多数情况下，人们都过于把实验室主任的任务看作是教授的任务和企业经理的任务的结合。不少重要而有前途的科学家由于把全部注意力和时间用于行政和教学，已经使自己的科研工作逐渐变得毫无成果可言，其人数之多教人想起来就难过。**人们常常认为，出不了成果仅仅在表面上是由于这个原因。他们认为，实际上，到了一定年龄，不少人的科学研究能力必然会衰退，即令大多数的人并不是这样。不过由于他们有丰富经验和声望，所以他们仍然是实验室的理想领导人。这些说法的第一个说法无疑是有些道理的，然而第二个说法却没有什么道理。已经失去创造闯劲的科学家虽然可以成为一个行政人员，实际却不 269
能有力地领导科研工作。他至多只能让科研在自己指导下进行，然而更远为常见的是：出于保守和个人嫉妒的动机，他往往只会妨碍而不会有助于科研工作。真正解决问题的办法不在于把科研

* 这已经是美国的通常的做法了。

** 约瑟夫·亨利的例子是最悲惨的事例之一。他的才能不在法拉第之下。他在史密森尼安研究院担任院长而虚度了大半生。参看克劳瑟，《美国著名科学家传记》。

领导权交给本身已经不再积极从事科研的人，而在于遵循这样的组织方针：除科学问题之外，最少限度地占用研究所主任的时间，这样我们就可以仅仅任命那些在科学研究上精力旺盛的人当主任。总的说来，研究所主任应该是比现在的主任年纪轻得多的人，不过总是有一些明显的例外。伟大的科学家往往是精力过人，因此，他们直到极高的年纪仍能保持新颖的观点和历久不衰的事业心。

室主任的真正任务应限于决定实验室工作的总方针，并选择天性适合并能推动工作的青年人。主任不一定同时又是导师，但是当导师却是他在这方面的才能和爱好的问题，决不是当主任的一个条件。决不能象大学研究部中常常发生的那样，不让主任全神贯注于科研。为了保持声望，可能有必要保留某个主要是科学解释家的人，或者已经主要变成了科学解释家的人当主任，不过在这种情况下，指导科研的任务应交由别人来执行。除了其科研能力之外，主任的其余主要资格应该是心理学方面的。他不仅要具备同下属相处的能力，而且还要具备使下属和好相处的更为难得的能力。实验室具有早期寺院的许多缺点。在实验室中存在着根深蒂固的内部斗争和相互嫉妒的可能性、也存在着对工作失去兴趣——即僧侣们所谓麻木不仁——的危险性。维持实验室内部的和谐和活力的责任就落在主任肩上。而且他还必须能够认识什么时刻有必要和一些工作人员分手以及什么时刻有必要把他们吸收进来。这一切都要求他具备比较出色的性格。这种性格有可能，然而并不一定，会同高度科学才能结合在一起。

我们必须设法补救出色的科学工作者部分地或者完全不能指导他的同事或甚至不能同他的同事们相处的现象。在遇到极端的情况时，这就意味着设立个人实验室，不过在大多数情况下，只

要在总实验室中划出一部分专供造诣卓越的、愿意独自工作或不 270
能指导其他工作的科学家使用就够了。迄今由于把指导科研工作当作为一种涉及声望的事而造成了巨大的损害。假如能够说明，不指导科研的科学家在地位上可能同指导科研的人一样高或者甚至更高，这个困难就可能消失，也就不至把不适宜的人放在这样一个除了不利于自己的工作之外又不利于别人的工作的职位上。

行政主管人　每一个实验室都应该有一个人负责整个行政和财务管理的工作。这个人可能仍然是实验室主任，但是他只有在比较特殊的情况下才担任这项工作，即他在爱好和能力方面都宜于当行政主管人员。行政主管人的基本任务是经营实验室的财务和物资方面的事务，留心经费收支并确保必要的非科研性质的劳务供应。现代化实验室使用无数技术助手和复杂的仪器设备。它和工业企业的关系之密切不下于其同其他科学机构之关系。这类单位的管理工作极为繁重，需要很强的工作能力。行政主管人应具有企业经理的一切能力以及许多其他的才能。首先，他需要管理的不是一个多少是遵循固定办法经营的企业，而是一个不断变化、而且变化迅速的事物；他得把科研工作中纯粹科学部分的发展所带来的变动和方针付诸实施。这就需要他具有比在普通商业工作中大得多的灵活性。其次，他必须真正能了解实验室的科学工作，不然的话，当科学工作人员试图向行政主管人说明自己的需要时或者行政主管人向科研人员说明具体可能性和困难时，就会产生巨大浪费和摩擦。迄今，实验室行政主管人的地位还没有得到公认。人们往往是从科学工作转到这个职位上，尽可能再学一些商业经验，或者相反地，首先是以纯粹职员身份接管工作，然后尽量学一些科学。显然，这种职业需要具有特殊训练。只要训练出一批对科学和行政管理都同样熟悉的人，我们也许就可以比用

其他方法更能增加科学工作的内部效率。

实验室代表 除了上述两个主要人员之外，近年来所有大型实验室已经在未经公认的方式下，出现了一批其他专业人员。
271 首先是可以称为实验室代表的人员。协调各实验室的各项活动的工作越来越需要一个复杂的管理机构。实验室得同许多高级机关、委员会等等打交道，并要同同一领域的其他实验室保持不那么正式的联系。除了参加所有这一切委员会和管理局会议的任务之外，还要加上数目同样多的教育机构的会议。在许多情况下，这几乎比内部行政管理本身更加使主任不能专心于科研工作，不过这些工作的繁重性有时也会迫使室主任把这一部分工作交给别人去做，并且正式或非正式地任命一个代表去参加许多委员会和会议。因而就产生了一批把很大一部分时间用于此类协调工作的人，我们可以将他们称为实验室代表。假如要使实验室科研主任摆脱大部分外部工作，这些代表的数目和重要性一定会增大，不过他们不一定是同一些人，而且当然不应该老是同一些人。实验室的不同工作可能需要不同的代表。代表的工作仅是兼职工作；否则他将实际上仅仅是科研机构的一般行政人员中的一员。他的真正价值在于：他也是在实验室中工作的，能够在其他单位面前代表自己的实验室并为自己的实验室提出辩护理由。在这种情况下，并无必要设置专职，只要能认识到这类联系活动在科学发展中起重要和必要的作用，而且应该用授予头衔或经济报酬的方式予以奖赏就可以了。

经费筹措 目前几乎完全由实验室主任担负，但却完全可以由一个实验室代表来担任的工作是筹措经费的工作。在现有条件下，这是一桩最艰苦、最不愉快、而且除了少数老手之外谁都不能做得令人满意的事务。它使得一个优秀科学家在他一生中最

难以抽出时间的阶段浪费掉许多时间。不但把时间浪费在实际谈判和谈判的社交准备工作中，而且把时间浪费在忧虑和心绪不宁中。这种忧虑和心绪不宁可能要持续很多年，才能使一项科学事业得到经费保障。只要对科学经费作出适当安排，这种情况大多是可以避免的。(参看边码第310页)不过即使那样，还是需要就某一实验室的经费分配金额问题进行谈判，最好不让室主任去过问大部分这项事务。这项工作应由实验室代表或行政主管人来处理。我们所以宁愿要实验室代表参加谈判是因为，同实验室实际工作没有密切接触的人是无法为实验室眼下和以后的经费需要提出有力理由的。

图书管理员　许多实验室长期配备的其他人员有图书管理 272
员和样品管理员。不过迄今人们还不明白他们的任务的重要性以及为何有必要对他们加以培养。从我们先前关于科学界内部交流问题的论述中可以知道，阻碍科学进步的一个主要因素就是科学出版物本身既杂乱，数量又多。即令照下文建议的有条理的组织方法把这种混乱状态纠正过来，经常维持新的交流制度还是需要图书管理员的帮助。这个任务看来不会随着时间的推移而变得越来越轻松。大多数实验室的图书管理员要末是一个兼职的科研工作者，在业余来照管图书室，要末就是一个拿薪金的，不具备科学资历的图书管理员。他的任务主要是注意书籍和期刊不被偷窃并经常注意购进实验室买得起的新书籍和期刊。可是为了充分利用图书室，还得做多得多的工作。应该专派一个人去浏览所有现行文献以寻找和实验室工作有关的项目，而且他还应该能够迅速地指出可以在那里找到这类资料。可以要他们负责不时从实验室的特殊角度写出关于当前研究成果的报告。此外，也需要以有效方式让外单位获悉实验室本身的工作，而且还应该有本实验室多

年工作成果的详细记录，因为一件奇怪而的确存在的事实是，科学家极易忘记自己过去做过的工作。所有这些工作都应该由图书管理员担任起来。应该部分地根据他对科学是否有广泛兴趣，是否有比其他实验室工作人员广泛得多的兴趣，并部分地根据他是否善于系统考虑问题来选拔图书管理员。

样品管理员　样品管理员的情况有所不同。这是从对科学搜集品采取消极态度自然而然地转变为采取积极态度的问题。一家大博物馆管理员不肯把任何样品从盒子中取出以供科学观察，其理由是这些样品过后还可能有助于科学研究。这种态度是一个极端的例子。但是我们已经更加理解：仅仅有了样品本身是没有多大价值的。这些收集物应该不断加以使用，不但要在研究个别样品时加以使用，而且要利用它所提供的有意义的排列的可能性。
273 当然收集品在一个方面还具有教育价值——建立教学博物馆就表现了整个这种趋势。一位可敬的俄国科学家有一次对我说："过去人们为学者设立博物馆，现在却为儿童设立博物馆。"但是从新博物馆的经济而一目了然的陈列中得益的并不仅限于儿童。我们终于明白了，同一物质可能有许多完全不同的排列方式，而且每一种排列方式本身都会揭示出在这样排列之前往往意想不到的某个新事实。所以管理员的任务不仅在于保管搜集品，而且在于利用搜集品。

机修师和仓库保管员　在实验室组织中，还有两种人员的地位总是远低于他们应享有的地位。他们是总机修师和仓库保管员。本书在别的地方也已经指出：迄今，对于实验室的发展十分不幸的一件事是，日常生活中的阶级差别也在实验室里起作用。总机修师和仓库保管员是实验室中无军衔的军官，所以对他们在科学上的贡献既没有充分予以认识，又没有充分加以利用。每一

个实验室都十分倚重于机修师。他在实际上往往是受到尊敬和尊重的。可是由于没有地位，他通常不同科研工作者在平等的基础上来往，也不参加他们的讨论。科研工作者似乎并没有感到自己因此而受了多大的损失。事实上，一个有长期工作经验的机修师一般都学到了和一个教授一样多的科学知识。他的知识比大多数科研人员多得多，然而他却无法充分利用自己的知识。事实上，他能够理解某一个科研人员对仪器的需要，往往理解得比那个科研人员所表达的更为清楚，然而主动权却从来不属于他。一个能干的机修师如果参加实验室的日常工作，往往能在仪器问题上提出一些科研人员自己要在很久以后才能想到(如果他能想到的话)的意见。这方面的证据是：人们有时会在实验室里遇到一些受过技工训练或者具有特殊机械才能的科研人员。他们的这种能力往往证明不仅对他们自己而且对所有同事们都有不可估量的价值。我们应该做的事情是：首先，我们应向一切机修师和实验室助手提供提高科学知识的充分机会；其中十分感兴趣的人应该以绝对平等的地位参加实验室的一切会议和工作。这一点在较小的程度上也适用于我们最后要谈到的一类人员即仓库保管员。他一般掌管实验室的一切物资供应品。如果保管员能够更加清楚地明了他的材料将作何用途，因而能够提出使用别的材料或增添材料的建议的话，那必然是很有好处的。

实验室委员会　最后，我们谈到实验室中最重要的管理机 274
构，即实验室委员会。许多实验室(其确数无从知道)没有这种委员会。它的存在使实验室的整个工作起了多大变化是不难看出的。如果没有某种形式的委员会——它可能只是一个茶话俱乐部或讨论小组——实验室的工作就往往仅仅成为各个科研工作者的工作的总和。每一个工作者也都可以同主任或者同他的知心朋友商讨

自己的问题，不过这从根本上来说只是私人问题；实验室只不过是由一些研究小组组成的综合体而已。有了一个委员会，各人的成果就能有效地统一起来或者扩展开来。每一个工作者都看到自己工作和需要同别人的工作和需要有关。他从别人得到建议和指导；一个工作者可以订出帮助别人的工作计划，整个实验室会充满了工作成果丰硕、干劲更大的气氛。

在目前条件下，在许多实验室中存在着个人受挫伤的强烈情绪。每一个工作者都觉得他没有得到应得的机会。在一个由个人经营的实验室里，这种受挫伤的情绪只是个人的事，并且往往迫使科研工作者放弃斗争而回到碌碌无为的平庸工作中去。但是，假如实验室是一个有力的单位，这种受挫伤的情绪本身就可能变成一种动力。个人受挫伤的情绪有一部分是由于内部组织不善而引起的。这一部分情绪可以由实验室委员会通过比向主任私下反映情况更加公开更加令人满意的方式加以消除。向主任私人反映情况的结果往往仅能减轻一个人的心理负担，而加重另一个人的心理负担。至于个人受挫伤的情绪的其余部分，一旦把事情摊开，就可以看出这并不在于某个个人处事不公平，而是经济和社会原因给整个科学界带来的全面性的负担。这样要么就可以把这种现象当做无可避免的事而加以接受，要么就可以通过共同的行动来同这种现象进行斗争。不过这样这种现象就失去了其特别令人灰心丧气的性质了。这些都是消极的方面。重要的是：实验室的工作人员们应该感到、而且应该有理由感到，自己正在参加一项只要能够同更加广泛的总规划配合一致就可以由他们自己加以指导的合作事业，而且不感到自己是雇员或个人，由一个高级的、看不到的力量格外开恩，允许他们去创造他们个人的珍品。

科研计划　一个实验室委员会如果要起积极作用，它就必

须是一个负责任的机构，能够在原则上，即使不是在细节上，决定实验室工作的方针。它的主要行政职权应当是每隔半年或一年讨论一次科研计划。也许可能需要对这个计划的经费问题另外进行讨论，以便考虑应该申请多少经费，以及应如何最妥善地在各 275
科研工作者中间分配所取得的津贴金。它的另一职务可能是讨论本实验室工作和同一领域或有关领域中的其他实验室工作之间的适当关系。在所有这些情况下，实验室委员会都是以立法机构的资格行使职权，工作要交给室主任、行政主管人或实验室代表去具体执行。在其余的时间，委员会没有必要以这样资格召开会议，但是事实上，它会以经常性讨论小组的资格召开会议来讨论有关实验室的科研问题。

组织起来的各种危险性 迄今我仅仅谈到实验室委员会的各种好处，但是它们自然也带来相应的危险性。有些人由于相信应该由科学家来领导的原则，或者由于不相信过于彻底的民主方法、或者由于不相信科学家有能力处理任何事务，在原则上根本反对任何委员会，因而过去和今后都会夸大组织起来的危险性。主要的危险性是一切集体商讨制度所共有的：不同的主张由于个人之间的对立而加剧，以致完全不能采取有效的行动，实际造成的局面比室主任的独断行动所造成的局面更为糟糕。

不能否认，这种情况有时会产生的；不过这也容易补救。首先，科学家们实际上比任何其他一群人更容易就方针政策达成一致的决定。他们对事实可能有不同意见，对如何解释事实可能有更大的分歧，不过他们都一致认为应该考察现象并查明事实。实际上，他们一般是能够在友好的气氛中进行这种讨论并且达成真正一致的决议的。也许谁也不能从中得到自己所希望的一切，不过其中却充满互让互谅的精神。另外两个危险也可以很容易地加

以消除。科学家之间在物质问题上明争暗斗实际上是由于一向僧多粥少而造成的。如果科学经费充沛，就没有哪个科研工作者会介意别人拿到一笔津贴，因为他明白这丝毫不会影响自己得到津贴的可能性。至于科学家之间的争吵以及实验室委员会分裂为两个对立集团的可能性，这种现象的存在本身就证明这个实验室已不是一个统一单位了，应该及时把它分为两个单位，各有各的领导，并且最好分设在两地。这样每一个单位至少在需要进一步分
276 裂之前可以保持内部的和谐。这仅仅有力地证明我们在上文提出的论点：科学研究的存在本身是和它的不断扩展的可能性联系在一起的。

即使假定设立实验室委员会是可取的，必然还有人反对让这些委员会具有权威的职能而不单是具有谘询的职能。这样就再度提出了民主管理科学还是独断专行地管理科学的整个问题。我们在这里主张：科学工作的许多内部效率低下和外部作用微小现象正是由于实行独断专行的原则的原故。这在事实上就是把科学工作的整个控制权交给一些不论过去资历如何现在已经不再接触科学的最有活力的部份的人物。只有一个民主组织才能保证科学事业具有充分活力，而且民主必须从最基层做起，也就是从进行科学的根本工作的实验室做起。也许一点也不错，在目前的挑选和训练科学家的条件下，许多科研工作者可能不宜于、或者甚至不希望实行科学工作的内部民主；然而这却不是反对民主的理由，而是反对现行教育和人才选拔制度的理由。要是认为这种说法有道理的话，那末我们就可能永远无法期望情况改善了，因为事情十分显然，除非我们实行民主，我们就永远无法建立起一个更好的挑选和训练制度。所有这样的议论同现在盛行的关于不能让附属国人民自治的议论比起来，的确都毫无愧色，不过对于科学家说

来，拒绝实行自治就更其可笑而且是自己同自己过不去了。首先，他们不会比一般英国公民更不适宜于自治，更不用说印度公民了，其次，对于象科学事业这样一个脆弱和成长中的组织来说，老人统治的限制作用所造成的损害比任何形式的文官管理所造成的损害都大得多。

为成长预作安排　科学任务的性质处于不断变化之中。不应把某一特定领域中的实验室看作是永久性的机构；这个领域可能探索完了，可能研究出那个实验室所无法适应的新方法，或者研究课题本身可能失去它在科学史中原来占有的重要地位。同时人们还在不断发展新课题，新领域和新方法，需要新的机构去应付。这样实验室就仿佛是一支永远不停顿的科学大军的一个多少带有临时性的营帐。任何科学组织都必须极为注意提防的弊病之一就是实验室和研究所的老化。为了应付这一点，必须为科学机构的成长和发展以及其结束作出某种具体安排。

科学作为一个制度还不成熟；如果它不能够成长，它就要衰 277
落。不过成长的方式本身却是相当重要的。单纯增加一个研究所的人员和设备，超出一定限度，就可能成为绊脚石而不是助力。在一项历史悠长的科研事业发展过程中出现的新思想可能受到传统的思想方式和实验方式的阻碍。在科学中，象在一切其他领域中一样，传统的思想方式总是和一切长期存在的机构一起伴生。往往有必要彻底另起炉灶。研究一下科学史就可以看出，这种方法是多么有成果。李比希设在吉森的大型实验室本身就是杜马的巴黎化学实验室的分支，后来就大大胜过了后者。一个附带得到的好处是：建立新的实验室是避免个人之间的对立和嫉妒的最方便的办法之一。这种倾轧往往破坏整个科学研究的进展，不但使当事人，而且使所有的人都感到实验室工作令人受不了。

科研工作中的主动性 谁也没有制订出过科学工作进一步分化的总原则。也许这件事过份取决于某些科学上的考虑或人事上的考虑了。在理想的条件下，也许最好让个人主动去决定，即让科学家享有探矿者仍然享有的那种自由，自己划定探索范围。任何人只要对包括设立实验室在内的工作规划有了一个够清楚的设想、只要找得到适当而且愿意襄助的助手，就应该让他们并且鼓励他们去设立那个实验室。那个实验室和其他实验室的关系将是一个在行政管理或科研方面互相合作的问题，不过在任何情况下，都应该设立组织帮助科学工作自发成长，而不是把它纳入一个固定的模式之内，以致破坏这种科学工作。不过，在某些情况下，假如科学工作的任何部份看来由于其他领域的疏忽或发展而遭到忽视，可能也有必要自上而下采取主动，积极鼓励人们开展这种科研工作，而且在这种情况下，才可能找到从事这种工作的人。

组织和自由 应该遵照这些方针去处理如何把组织和个人自由和个人主动最有效地结合起来的问题。目前不少科学家由于担心个人自由受到限制，所以坚决反对组织起来，不过如果我们能既保证有民主组织，又保证人们享有个人进行研究的权利，人们就会感到这种担心是没有根据的。主要的条件是：科学界内外所
278 需要的任何科研工作，不但要允许人们去搞，而且还要加以帮助，虽然这似乎有可能浪费大量时间和金钱，然而浪费将仅是表面上的，因为这样得到的一两项真正有成果的进展足以抵过十几项其他无效的研究而有余。显然决不能让这种个人主义变成无政府状态；必须把它纳入有条不紊的规划中。事实上，最后的解决办法很可能就是一种科学的封建制度。按照这种制度，每一个工作者花一定的时间在上级科学组织为他选择的领域里工作，而且在充

分的物质和技术支援下，花同样多的时间、即使不是更多的时间来研究自己的课题。自然这个份量因人而异、并且随学科而不同。某些人可能宁愿当一名几乎完完全全的正规科研工作者，其他的人则可能要进行自由的研究。有的科学家在科学上有真才实学，却完全没有社交能力，有的同别人合不来、不善交际或者孤立无助，应该为他们找到安身之所。科学组织应向这些人提供一种避难权；应该让他们自己进行工作、选择自己愿意工作的地方，或者让他们在各实验室之间不断转移工作岗位。在一切正规的组织之外，不仅应让这类流动的学者有发挥作用的机会，而且还要让自己不作出个人科学贡献，而宁愿通过谈话、讨论会和评论的方式去促进别人的科学工作的人，有发挥作用的机会。必须以一切代价防止科学事业变成一种等级森严的正统体系；它必须有能力而且愿意去应付一切反对者以保卫自己的论点，它不应该排斥而是鼓励一切批评者，不论他们的意见显得多么不公平或者不合理。

科学事业的全面组织

单是对实验室和研究所进行内部改组是没有多大价值的。把各实验室和研究所之间相互关系广泛地组织起来要更为必要。这二者其实是相互关联的，因为一个孤立的实验室不论管理得多么好，除非是同一个总的规划联系起来，就既不能对科学的内部发展充分作出贡献、也不能对科学的应用充分作出贡献。目前的科学组织具有本章所谈的极端复杂、混乱而且缺乏交流等特点，它对科学的进展与其说是一种助力，不如说是一种阻力。不过我们却可以从中看到一个真正有用的组织类型。科学是一项不断成长

和发展的社会活动；因此，就不应该以固定的方式来看待科学的组织形式，而应把科学的组织形式看做是有伸缩性的和可以改变
279 的。不过这种灵活性却并不排除一个长期存在的组织形式的总框框和结构。这个总框框和结构在一段比我们便于规划的期限更长的时间内将基本上保持不变。

科研的横的和纵的分类　科学组织形式的总原则直接来源于它的职能——解释和改变世界。作为一个知识的体系，它有物理学、化学和生物学等不同门类以及它们的分得更为精细的小门类。这些小门类彼此之间有着确定的复杂关系。这可以说就是科研活动的横的分类，然而人们却可以大不相同的方式把科学设想为情报和活动的循环、设想为理论科学家向实验科学家传授原理，并经过技术人员将其转用于生产和新的人类活动的过程。反之，社会生活和生产技术上的困难所引起的问题也会促使实验和理论科学家去作出新发现。这一双重的过程的确一直在整个科学历史中进行着。现在发生的情况是：我们才开始了解到这一情况，而且能够用一个更加自觉地规划出来的所谓纵的科学组织形式来取代原来用以适应上述双向对流活动的不灵活的而且带有偶然性的科学结构。苏联已在某种程度上做到这一点了。的确，这个想法本身直接来自马克思主义的思想。它是如此明显而且正确，所以困难不在于为它辩护，而在于说明为什么人们以前从来也没有想到它。

大学的地位　除了这两个主要方面之外，还有第三个方面，以前在科学组织形式中几乎占有主要地位。这便是科学家的教学任务。这个问题已经讨论过了，我们在这里提一下，仅仅是为的说明：在筹划任何改组科学的方案时总是需要把这个问题考虑进去。不过在这样的方案中，这项工作的职能却再也不能象过去那

样重要了。上世纪的大学以社会公认的方式来养活从事研究的科学家并且向他提供工作的手段。对科学家们说来，大学就好比是昔日的朝廷。大学养活他们是为了他们的主要职能以外的其他原因。我们既然充分认识了科学研究对技术和社会的重要性而且允许人们把它作为正当的职业，大学就应该主要回到它们的基本教学任务上去，虽然还是有充分理由来鼓励独立的研究所和大学保持密切联系。

科学的复杂性 可以把科学看作是具有广泛的实践基础并 280
通过发现和理论深入到未知境界去的活动。各学科的基地和前哨之间的交通线的长度大体上根据它们的发达程度而有所不同。象生态学和社会心理学那样的新学科是直接从实践中产生的，而且一度和实践直接接触过。在另一方面，象天文学和化学那样的老的科学，却已经积累了几百年的独立传统了；它们拥有整套的既同技术理论隔离开来、又同技术实践隔离开来的分支部门。这些部门在很大程度上是根据其内部需要发展的，只受可资利用的人力和物力的限制。

相互联系的方案 所以，我们无法为整个科学提出统一方案，而仅能提出一个复杂的系统，其中兼顾到科学的性质及其历史。这里所提出的图表(图表一)更加清楚地说明了这种联系，不过由于它局限于两维，所以，它仍然是一个很不完善的描绘。决不应把这样一个图表看作是经过充分考虑的方案(这样的方案需要由整批专家委员会来制订)，而应该把它看作是我们可能需要的那种组织形式的粗略轮廓。它的基础就是我们已经谈过的横的和纵的分类概念。这些分类并不是绝对的，但却能为合理的科学组织形式提供一个方便的根据。我们可以把科学理论和实践的关系大略区分为三个阶段。可以认为它们需要三种类型的组织，为方便

图 表 一

科学和工业研究的组织体系

本图表大体上说明了科学和工业研究的组织体系。图表同正文中叙述的内容完全一致，只是无法指明第三阶段的科学机构、即工厂实验室和野外试验站。这些机构过多，无法包括在这种全面性图表中。两个研究阶段又进一步划分，原则是把更为基本的一般方法的研究项目放在上面，而把一般方法在有关领域特殊部分的较为系统的应用项目放在下面。因而，在基本研究中就有了两级：分析性研究一级和描述性研究一级。前者涉及物质一般作用方式；后者指研究客观世界事物外形的各学科。第二个阶段——即技术研究阶段——也同样地分为两级：一级主要涉及生产技术，因而也就是涉及工业和生产产品；另一级涉及消费、生活条件和农业实践。这种区别并不是绝对的，而且在许多情况下甚至是不合理的，不过由于两维展示的各种困难而不能不这样做。不同阶段的研究之间、即基本研究和应用研究之间的最重要的联系由箭头来表示。这当然并不意味着行政上的联系，而仅仅指明有关的学术实验室和技术实验室工作者之间自然而然地保持密切联系的情况。表中对自然科学部门的说明远比对其余部门的说明详尽。而对社会学部门的说明则最为粗略。这大体上与这些部门现在较为发达相符。在更为详细的图表中，将有必要添加一些新的生物学和生理学的分支。

一般说来，小标题本身是够清楚的，但是由于篇幅不够，可能有某些暧昧不清之处。必须根据隶属关系领会有关课题的内容。例如，"营养"这个课题出现在两个地方，分别归属医学研究项下和家庭工程学项下，在第一个地方，它涉及健康和病中的营养理论。在二个地方，它涉及家庭供应品、销售和食物产品的浪费。"动物学"和"植物学"并不代表教学上同名学科的学术门类，而具有较为狭窄的描述性和分类性学科的性质。它们在第一个意义上的内容分别归入生物化学和生物物理学。最低一排的五个部门之间的关系要比指明的更为密切。尤其是社会管理和规划，由于各自的隶属关系，列于图表的相对两端，其实应视为一个单位。

起见，可以称之为科学院、研究所和技术实验室。第一类将主要从事所谓纯科学工作、但更精确地应称之为尖端科学工作，最后一类仅仅从事实用问题的研究。两者之间的桥梁是研究所。研究所的职责在某种意义上是把理论化为实践。

科 学 院

科学院将是现有两类机构的自然发展的产物。这两类机构是：英国的皇家学会、化学学会等等老科学学会以及枢密院科学委员会、国家科学研究委员会或者法国的科学研究委员会等等总的政府咨询机构。不过科学院的职能要比上述这些机构广泛得多。它要把科学发展的总参谋部的职能和在它直接指导下积极进行的基本研究活动结合为一体。这原是皇家学会的创办人的目的，虽然规模较小，可是在以后的年代里，科学院逐渐失去了这种 281
职能，在性质上变成单纯授予荣誉的机构，其唯一的集体活动是出版刊物。它们变成科学的监护者和档案保管者，而不是科学的领导者了。在每一地区中，新科学院要由一组相互配合的研究所组成。科学院院士本身一般都是这类研究所所长，不过可能有许多院士比较喜欢单独地从事科研。他们要么自己进行工作，要么仅作为研究所的一名普通成员。

科学院和大学之间的关系应该仔细加以规划。目前进行基本研究的研究所大多处于大学控制之下。这并不总是有助于它们的最有效的管理或最迅速的发展。同大学保持联系是有好处的，但要使这种联系具有比较非正式的性质，如让研究所所长也当上大学教授等等。这个所长要向科学院院务委员会负责并由它提供经费。科学院的部门划分暂时可遵照由来已久的学科分类办法，不过需

要定期加以修改。特别在理论科学方面，不必要也不宜于实际设立任何研究所；把工作人员分散到一些研究中心要好得多。但是在其他情况下，设立目前的国立物理实验室类型的基本研究中心研究所，还是很值得的，不过它的研究范围要广得多，它的技术性和日常性工作却要少得多。

职权 科学院将负责进行比较基本的科学研究工作，同时还将充当整个科学发展的总领导机构。当然它作为发展科学的总领导机构，将不具有行政的或者权威的性质。它的职权只相当于政府的立法或者谘询机构的职权。为此，它的成员中还需要有科学界比较带有技术性质和实用性质的各个方面的代表特别是工程和医学界的代表。科学院还将负责科学的档案工作，而且还将在相当程度上，负责当前的刊物出版工作。从职权上来说，它将处理主要的科学对外关系工作。这些职权将需要规模十分巨大的组织，但是在目前阶段，在我们离开实现这些建议中的任何一项建议还很远的时候，就详细考虑科学院的各种职权，那是浪费时间。从图表中也可以看出科学院的分支部门的划分总方案。它大体上将遵照目前的划分办法，不过象图表横的联系所表示的那样，它肯定地将朝着把不同学科结合为统一整体的方向前进一步。

282 **保证科学院工作能力的方法** 我们面临的主要问题是这种机构是否有能力指导科学工作。迄今，已有的科学院虽然在科学界负有盛名，却普遍显得极端胆小，缺乏主动性。这自然主要是科学家的政治和社会地位低下的一种反映。在这种现象不显著的时候——在十七世纪的英国或革命中的法国和俄国——科学院曾经显得是有能力的生气勃勃的机构。在另一方面，这在很大的程度上取决于它们的状况。为了使这种机构有力，就一定要吸收比

例更大的青年人和在实际事务中有经验的人员。*

当科学是新事物而且迅速成长的时候，青年人和从其他行业中被吸引过来的人要取得高级地位，自然是容易得多。一旦局面定了，就应作出某些特殊安排，使这些人在组织中得到充分的代表权，最好为每一种年龄类别在科学院中保留一定比例的位置。这样年龄在二三十岁之间真正有想象力的科学家不等到自己的锐

* 用胡克的话说，在皇家学会成立时就认识到了这一点：

“这一切研究的目的在于使善于思考的人感到欣慰，尤其是在于减轻和加快人的手工劳动。他们的确从不失去良机来把遍处国外的罕见事物纳入自己的知识和实践范围。但是他们仍然承认，他们最有用的知识来自普通事物，并且是他们使这些事物的最普通处理方法多样化的结果，他们并不完全摒弃单纯知识性和理论性的实验，但是他们主要目的是研究应用后就能改善和促进目前手工工艺方法的事物。有些人也许注意到一些比较不体面的工作。虽然他们乐于对操作方法加以批评，他们却能够拿出他们成立组织后头三年的成果，其数量比欧洲任何其他学会在长得多的时间里所获得的都多。的确，象他们所从事的这种事业往往得不到鼓励，因为人们一般都喜欢哲学中讲得天花乱坠、离题万里的部分，而不是喜欢哲学中实实在在的部分；然而由于这个学会幸而是在最富于求知欲望的时代中成立的，它受到了许多主要显贵者以及各界最有地位的其他人士的帮助。他们都对之捐助和亲临其会议，不过我所以进一步相信态度较为严肃的人们对这个学会怀有真正敬意是因为：有几位办事认真的商人（他们的目的是取得所有权，这是人世事务的指导原则）已经冒险投入了相当多的金钱，以便实现某些学会会员所设计的东西，而且在一百个庸人之中没有一个相信他们这些事业是可行之时，却继续坚定地赞同这种努力。还应该说：他们还具有自己所特有的优点，即他们很多人是交际家和商人。这是一个好朕兆，说明：由于商界人士大力参加创办学会的活动，他们的尝试会使哲学从言语化为行动。

我不应该不提到这类帮助中特别慷慨的行动。这事和我本人更有密切关系。这便是约翰·卡特勒爵士为举办本学会管理和指导的促进机械技术的讲座而慷慨解囊。…… 这位先生清楚地看到了：生活的技术囚禁于机械匠自己的黑暗工场中时间过长了。要末由于无知、要末由于私利，它们在那里得不到发展；他已经勇敢地把它们从这些不利的条件下解放出来了；他不但施惠于该行业的从业者，也施惠于该行业本身；他作出了无愧于伦敦市的工作而且还向这个世界主要商业城市指出了改进商业的正确方法。”——摘自《显微学》序言。

那时是商人势力上升的时代。今天，虽然金融集团处于控制地位，商人已经被工程师和行政管理人员所取代了。不过一旦取消了这种控制，这些人和体力劳动者都将在科学院占有自己的地位。在这以前就这样做，等于使科学院更加紧密地依附于金融利益集团。目前这个集团是抑制科学的主要力量。

气因为年龄而减弱，就可以把自己的干劲发挥出来。这个办法难以实行之处在于：如果这种院士一直在科学院里呆下去，机构就会变得十分臃肿。把科学院组织和指导职能，同院士们所进行的个别科研工作，尤其是授予荣誉的职能分开来，可能是有好处的。目前，可能有三分之二的科学院院士除了继续做自己的工作之外，什么也不想干，而且把自己的院士资格看作是一种荣誉或者对自己科学贡献的一种奖赏，而不是把它看作是指导整个科学发展的机会。我们希望，当科学和社会更加密切地结合起来的时候，这类人的比例会下降，不过他们总是会存在的，也许值得为他们另外设立一个学会或者在科学院中另设一个部门。其成员资格将是单纯的荣誉，不负任何责任。同时，向他们保证充分支持他们的一切科研工作。用某种这样的方式，就可以把官方机构中存在的、迄今几乎被认为是自然法则的那种迟钝和缺乏主动性的局面改变成一派热气腾腾，积极促进科学进步和社会福利的局面。

选举形式 不论科学院的具体职能如何，科学院院士的能力是关系重大的。这就使任命他们的方法更加重要了。迄今委派院士要末是通过原来院士的协商——在皇家学会中，是由核心会
283 议来协商决定的——要末象旧的法国皇家科学院那样通过政府任命，但通常还是根据院士的意见来委派。两个办法都能保证传统的连续性和一定的成就标准，但是也过于重视年龄和正统资格。当科学在国家生活中不起什么重要作用时，这种办法是很好的。科学院成为一个俱乐部；如果有人不喜欢它或者不能加入，他们完全有自由设立一个与之相竞争的单位。有人就在一定程度上利用这种自由，设立了一些专业科学学会和英国促进科学协会，但在英国，皇家学会尽管偶尔也有几个时期是处于麻木不仁的状态，至少从来没有人不把它看作是自然科学的代表机构。

现在科学既然成为一支在社会和经济生活中起主导作用的力量，就不能再接受这种狭窄的遴选办法了。不但需要有学问和有声誉的人，而且也需要实行家和目光远大的人。最简单的新办法莫过于由全体有资格的科学家民主地直接选举终身院士或有一定任期的院士。可能有人反对说，这会使科学界容易产生争夺选票和开展派系斗争的弊病。这种情况也许会发生，然而其后果不见得比今天科学界中盛行的阿谀奉承之风更糟。一个更为严重的障碍是：大多数科学家既无作选举人的能力，又对此不太感兴趣。可以根据学科把科学院分为许多部门来克服这个困难，但是这又会使现有的各科分家状态继续保持下去。另一办法是把科学院依照年龄划分若干组，组与组之间人数有一定的固定比例，院士候选人和选举人都是小组的成员。另一个办法是皮里博士提出的相互选举办法。这个办法既有民主选择的好处，又可以保证被选者具有学术能力。按照这一办法，不是由全体科学家，而是由大约二千名选举人的集体来选举科学院院士。他们是由于自己的一般科学工作能力由科学院院士自己挑选出来的。这样科学院便能代表当代积极而肯负责的科学家们。某种这样的办法加上工作年限规定，再把科学院的荣典职能和它的本职职能划分开来，理应可以使科学院成为科学工作的适宜的总的指导机构。

技术—科学研究所

技术—科学研究所是比较新近的概念。它在英国还处于极其初期的阶段，虽然多年来这种研究所在欧洲和美国科学界已经起 284
了重要作用。它们的起源不一；部分地产生于大学的各系和各技术学校，部分地产生于政府各科学部门、部分地产生于大工业企

业的研究实验室。虽然所有这些研究所都是分别存在的，不过已经可以看出：在科学院和大学所代表的基本研究以及工厂和政府部门中的实际应用科学之间，设置某种中间性联络组织，是有其特别的好处的。在这方面，设在达莱姆的规模巨大的威廉皇帝研究所是世界其他地方的学习典型。这主要是因为这些研究所标志着人们认识到：有必要明智地有组织地把科学应用于整个工业而不是用于个别企业的生产。英国的相应机构，即国立物理实验室的一些研究所也起了类似的职能，不过迄今内部主动性还太差。

科学界和工业界之间的双向交流　技术—科学研究所的一个职能是充当基础科学及其应用之间的双向交流渠道。在工业、农业和医学中产生的问题首先向它们提出。这类问题的直接表现形式是怎样生产某一产品或者怎样避免某种缺陷和疾病。研究所要末应用已知的科学原理解决这些问题、要么把这些问题变成一些基本问题，提交科学院处理。与此相反的过程也将属于它们的业务范围。它们的任务是，探索基本科学研究成果的实际应用方法，并且把这些方法加以发展，以便可以交给工业实验室、农业试验站或者医学研究中心。

研究所和新生产　迄今，除了在苏联之外，技术研究所的这种积极职能到处受到抑制，因为实际利用最终可能获利的发明是工业企业家的特权。一个独立的研究所，如果提出一套新的生产方法，要末就得独立进行生产、要末就得出售专利权，要末就得把新方法的使用权转交给一家或多家厂商。这样做实际上等于使它自已变成了这些厂商所属的实验室的一部分。在英国，我们已经谈过，科学与工业研究部的研究协会主要是执行后一种职能，不过正由于这个原因，它们就无法承担技术研究所的更广泛
285 的职能。一个技术研究所的价值将主要取决于它在与工业保持密

切联系和维持高标准的科学质量方面能做到什么程度。它应当能够从合理的立足点通观整个工业，不仅要考虑怎样改善生产方法，而且还要从整个工业观点考虑是否有必要采用任何一项生产方法的问题。在这里，这种研究所的职能和一个竞争性的工业制度也极难相容，因为任何可能改变工业结构的建议都意味着利润天平在某些企业和其他企业之间有所偏转，因而在实践中不能不受到阻挠。

人员　技术研究所的人员需要对等地从科学界和工业界中抽调，这样就有相当多的人员流动和交换的机会。研究所的整个积极职能将取决于它们是否能抓住并发展新设想；这种新设想往往来自这个工业本身直接范围以外的领域。它们应当有助于打破研究学术的科学家和研究应用的工程师之间目前存在的隔阂，使他们可以进行对彼此都有利的意见交换。此类研究所的可能的安排见于图表一，任何具体安排的价值都只能在实践中看出来。我们还应当进一步强调指出，任何安排都必须具有极大的灵活性，容许把现存研究所拆散并成立一批全新的研究所，并且容许把那些已经超出其最有用的期限的研究所结束掉或并入别处。研究所总的安排分为四个部门：物理、化学、生物和社会学。

物理学部门和化学部门　在物理学部门和化学部门里将有两大类型的研究所，可以称之为方法类型和系统类型，或者可以更简单地称之为关于生产方法的研究所和关于材料的研究所。第一种将包括一切处理各种材料以达到一定目的各类工程。第二种将涉及对材料本身的研究工作；涉及材料的来源，这又将涉及矿业和为工业提供原料的农业部门；涉及材料的生产和加工以及产品的利用。迄今处理这个问题的办法还完全是具体问题具体解决。碰到问题随时处理，很少对整个工业进行调查，以便把它置

于合理的基础上。无疑，如果能完成这种调查并把调查结果付诸应用，就会实际造成一场新的工业革命，而且社会效果也会大大增加。

286 **生物学部门**　生物部门，不论是它的农业方面以及医学方面，都将从这种合理化中得到巨大好处。事实上，由于它目前的组织处于特别紊乱的状态，使它所掌握的数目比较不大的经费大多浪费掉，所以它所得的好处就更大了。除了把已有的农业和医学研究机构加以扩大和合理化之外，还需要设立一整批新的研究所，以便处理工业科研中迄今被忽视的方面，即直接消费的方面，可以把这一切全都集中在一所家用工程学研究所的周围。这个研究所将从事营养和烹调，衣着和家俱、住房和家务劳动的科学研究，不是从销售消费品获得利润的角度，而是从安排一种生活方式的角度来考虑这一切。这种生活方式不仅是健康的，而且摆脱了目前半传统性的半科学性的家庭生活组织的浪费和无效率状态。

社会学研究所和规划工作　社会学技术研究所将开辟崭新的局面。它们实际上将研究整个规划的问题，即如何发展人类社会，以便促进普遍福利和实现物质上和文化上最迅速和最和谐的发展。城乡规划、工业地点规划、人口控制和分布规划、劳动条件和教育规划等等整个问题都将属于它们的研究范围(参看边码第378页)。它们当然将仅是研究机构，既没有立法职权也没有行政职权。中央或地方政府将征求它们的意见，根据政治或经济情况予以执行或不予执行。可以希望，随着时间的推移，这种建议会变得越来越容易接受，研究所就其科学方面而言，实际上就将变成规划机构。应特别注意“就其科学方面而言”一语，因为在这里无意要科学取代群众在社会发展问题上的取舍权。这些社会学研究所能做的只是指明可以最有效地达到某些目标的办法。它们还将为

一些可供选择的社会组织方法提供基础，并将让群众来决定取舍。

工业实验室和野外试验站

科学组织形式的最后一个环节将是工业实验室和实验工厂、野外试验站和医学研究中心。科学和生产之间在这里发生有效接触。目前在一定程度上已经有了这类实验室，不过它们的工作范 287
围过于狭窄，实际上不过是做一些常规测试工作。应当把它们变成总的科学规划的基本部分，因为科学正是在它同实践的关系方面最能作出贡献；如果这种实验室充满热切希望密切注意每一个预想不到的现象，并且热切希望把每一项新的科学成果加以利用的工作人员，其结果一定对科学和生产都同样有好处。在某种程度上做到这一步的办法是比目前频繁得多地更换人员。所有科学家都应该有机会用一部分时间在这类实验室里工作，而工业和农业科研人员也应该用更多的时间在大学和高级研究所工作。

实验工厂　但是我们需要做的还不仅限于此。迄今，科学大体上一直只是现有工业生产过程的附加物。它必须成为其必要组成部分，而只有让科学承担起积极得多的职能，才能做到这一步。应用科学的主要困难之一，是怎样把小规模的实验室经验变成工业的经验。这需要有一个中间形式。在某些最大的工业的实验室中，已经出现了中间阶段的实验工厂。在这种实验工厂里，人们在半技术的规模上推行一些工业生产方法，并把这些生产方法置于受过科学训练的人员管理之下。有必要把这个制度大大加以发展和扩大。在通常生产进程中，由于经济因素限制，不能随意变动现有生产方法，然而对本身本来不经济的生产方法加以发展却往往可能产生效率更大的新生产方法。必须提供某些手段以

克服这个困难。迄今人们利用商业循环的波动，极其缓慢而效率低下地在这方面做了一些工作。在繁荣时期，企业有力量进行试验而且它们试验的新生产方法在日益兴旺的市场中有相当可能成功。在另一方面，在萧条时期，人们力求降低生产成本和节省劳动力。其结果当然是：当新生产方法果真成功时，大家纷纷赶忙去发展它，因而造成过度的扩展并使较老的生产方法的设备遭到废弃，后果极坏。通过合理使用实验工厂，就能避免所有这一切。在实验工厂的经营中，经济成本和利润并不能成为一个限制因素，不过当然总是要对经济成本和利润加以细心的考虑并把这些作为衡量成功的尺度。这样就可以渡过发展新生产方法初期的不经济阶段，以便在经济上和技术上都适宜的时刻拿出新方法。这样就可以避免设备的迅速废弃，因为如果在一种生产方法本身的技术还处在迅速发展阶段就把这种生产方法投入商用，才会造成浪费
288 最大的设备废弃。而在这里，这些阶段将在实验工厂里渡过。

野外试验站 野外试验站将成为农业中的实验工厂。遍布全国、相互联系并且和上级农业研究所保持联系的试验站网，可以同样执行研究和试验的双重职能。在许多国家，这种试验站网的确存在，虽然其规模很小。不过它们在为一个自觉地制订出来的、平衡的农业规划服务的时候却缺乏协调。它们尤其缺乏执行职能，因此不能够使自己的工作的具体成果立即变成普遍的耕作方法。而且，我们应该明白，科学需要向农业耕作方法和传统学习的地方并不少于科学可以对农业耕作方法加以指导的地方。迄今，由于农业科学的人力财力不足，这种学习还只是零星的。不过野外试验站网可以收集这种知识，把它们加以整理，把一个国家的做法和另一个国家的做法加以比较，从中发现成功的做法的科学原理。

医学中的基层单位将是医院的实验室和保健中心。它们通过

实际接触，足以打破实验室、诊室和普通开业医生的经验之间的隔阂。它们的作用之一显然将是收集可靠而有意义的生理医学统计资料，经过高级医学研究所对之加以分析就可以作为真正充分了解公共卫生情况的基础。按理也可以通过它们去检验新药物和治疗方法。这要比现在的偶然的办法远为迅速而安全。不过，这种做法和目前状况的主要差别将在于它们需要拥有权力，以便保证经过检验的方法能有效地用于实践，不仅在药物和治疗方法问题上是如此，而且在提供有利于健康的生活条件的问题上也是如此。这样，就可以一劳永逸地杜绝使用无用的或有害的专卖药品及食物而破坏健康的现象（见边码第 154 页）。不过要详细论述它们的职能是无用的，因为这些职能非常有赖于全面改组医疗业务，以便普遍促进人们的健康和福利，而不是单单治疗疾病而已。

应用研究的性质　我们当然应该认识到，技术科学和基础科学的发展将仍然包含很大的偶然因素。由于这个偶然因素，过去那种根据成果来支付酬劳的对待科研的态度对科学说来是特别有害的。我们所以说值得进行科研并不是因为花在某项科研上的每一便士都会得到相应的利润，而是因为花在一些不同的科研项目的总金额会导致真正经济上的发展，而上述科研项目的大部分 289
则可能是毫无成果的。

控制设备废弃　目前设备废弃是应用科学的一个祸害。只有在象二十世纪初叶的美国那样迅速发展的国家里，才能用那种最粗暴和最无组织的方式来处理设备废弃问题。我们眼下可供选择的两个办法，要末是延缓整个工业发展和科学应用于技术的进度，要末照这里建议的某些方针使其合理化。第一个办法不但意味着失去了科学可以向社会提供的好处，而且也肯定意味着窒息科学本身的进展。因为限制了科学成果的应用，我们就不仅中断

了科学研究的经费来源，而且也切断了由于同工业进展有密切关系才产生出来的新设想的来源。只有建立了一个统一和合理的科学组织结构，把最抽象的科学直到最具体的应用都包摄在内，我们才能保证科学和工业都能同时和偕地发展下去。

资本主义制度下的科学应用

不过，要是认为把工业中应用科学成果的方法加以合理化就可以很容易地适应垄断资本主义的条件，那是荒谬的。即使工业的指导人采取了明智的行动，也不能消除多少目前妨碍科学成果的应用的各种因素(这些因素在第六章中已经论述过了)，而且这种行动无论如何是不大可能采取的。行业之间与国际间的竞争以及垄断性限制带来的利益是不容易根除的。一旦有了新发明，在似乎不存在竞争危险时，人们就想制止费钱多的技术改革；当这种危险一旦出现时，又想加紧进行改革。这就会加剧技术改革出现的天然无规律性。不过斯坦普勋爵却提出有力的论点，认为：科学成果的应用的主要困难是内在的，和经济制度的类型无关。在他所著《社会调整的科学》一书中，他认为：正常的技术革新必须以有关行业劳动力再生产的速度为限度，否则就会发生严重失业和资本损失的现象。在人口静止不变或下降的情况下，这就意味着要大大延缓目前科学成果应用的速度，而不是按照人类的需要和科学力所能及的程度大大提高科学成果应用的速度。

社会主义和科学发展的条件 这个论点的推理是很完善的，但其前提却需要加以审查。斯坦普勋爵自己也表示：只有通290* 过过去存在过，但现在已经不再存在的四个因素的作用，才能大

* 原书 291 页为注释，中译本改排为脚注，页码从略。——编者

大地提高速度。这些因素是：(1)需求具有伸缩性；(2)迅速采用新发明；(3)人口增加；(4)海外出路。现在其中只有第二因素有赖于科学和工业的关系，然而这种提法却无论如何显得有点怪。不过我们几乎可以肯定，人们可以通过在这里叙述的组织形式做到迅速采用新发明。我们有可能通过缩短现有的应用过程，高速度地制出节省资本和劳动力的设备，使一方面的损失可以被另一方面的利益抵补而有余。不过我们可以同意：这个因素本身在资本主义条件下，将不足以促进工业的迅速改造，因为总的利润几乎没有什么变化。起决定性作用的将是斯普坦勋爵认为固定不变的其余三个条件的变化。现在没有人否认：在资本主义条件下，人口是无变动或者下降的，由于大多数人无钱可花，以致需求没有伸缩性，海外出路也正在迅速断绝之中。的确，正如斯坦普勋爵极力在另外的地方指出的那样，在物资充沛情况下谈论贫乏是无意义的，因为人们——在目前制度的框子内——正在生产凡是可以生产的一切东西。只有改变这种制度并使生产为大众所利用而不是为了私人利润，才能具备他所提出的那些条件、才能迅速提高科学应用的速度不至于联带引起失业和经济不稳定。一旦形成了社会主义国家的联盟，实际需求就会立即上升。首先上升的是对生产资料的需求，接着上升的是对消费品的需求，而非工业化国家中的绝大多数人的经济落后和赤贫状态恰恰会造成对一切生产资料、特别是对农业机械的需求。这将会远远超过十九世纪的商业时期。目前世界百分之九十五的人口对食物、衣着、居住等最起码的生活必需品的自然需求受到了经济制度的限制。一旦把这个需求解放出来，就需要以尽可能快的进度来发展生产技术，才能加以满足。

292

第十一章　科学交流

单是行政或财务改革还不能解决改组科学的问题。还有必要全面改组科学交流的整个机构。在科学部门中，交流工作的确取代了其他部门中的不少行政工作。按照过去关于科学的概念，交流是科学家之间唯一的桥梁。科学界完全是由出于自己爱好进行研究的个人组成的。他们仅仅需要知道他们的同行正在做什么就可以了。不过在当时，科研工作者人数极少，有相当可能获得这种情报，而在今天我们已经明白(见边码第 117 页以下)科学情报数量之多已使其传播成为巨大问题，现有的机构完全不能应付。除非采取某种措施，我们就将面临知识一经获得就立即无用的局面。保证一切新观察到的现象和新发现都能够发表显然已经不够了。得从另一头来看待这个问题；我们应该有把握地做到使每一个科学工作者，还有普通公众的每一个成员，都正好获得对他的工作最有用的情报，而且只是这样的情报。这就需要极为认真地考虑解决科学交流的全盘问题，不仅包括科学家之间交流的问题，而且包括向公众交流的问题。设法补救现有的弊病是不够的。东修西补的办法，由于节外生枝，实际上可能是害多利少。这个问题可以划分为提供专门资料和提供一般资料两个部分；第一部分涉及科学出版物本身的职能和科学家之间个人联系的其他手段，第二部分涉及科学教育和科普工作。

科学出版物的职能

目前科学成果发表的方式主要是依靠三万三千多种科学期刊。我们已经指出，这个方式是极不方便，浪费很大的，由于费用浩大随时有垮掉的危险。我们可以用什么来取代它呢？科学出 293
版物的主要职能是传达关于已经获得的知识的情报，但是，事情很清楚，虽然某些科学工作者需要获悉某些情报的详细内容，但是任何一个科学工作者即便对大部分的情报有需要，也仅仅需要知道其轮廓。一个完善的交流制度在原则上应由下述三个方面组成：对详细报道实行限量发行的发法，对摘要或文摘实行范围较广的发行办法，并且经常出版综述任何一个特定领域中最新进展的报道或专题文章。在这背后，还必须建立随时可以查阅的档案，可以从其中了解过去的研究情况。这个问题本质上是一个如何选择单元和如何适当地安排其发行和保管的技术问题。大商业企业或邮购商店每天都是在解决这个问题。为了知道怎样才能加以解决，有必要更详细谈一谈这些单元及其可能的发行方式。

发表单元的种类 第一种是笔记。笔记中记载的也许是一个科研工作者在一周或一个月中的工作成绩。这可能是进行了某种新的测试方法，纠正了某种旧方法，或者证明了某一问题。这个问题可能在某项别的研究的过程中出现过，但由于其本身的原因却值得注意，如果把它并在内容较多的论文中发表，就容易被人忽视。当然应该把这种笔记同关于刚刚证明了的具有相当重要性的发现的通告区别开来，或者和某种猜测性的观点或有争论的论点的报道区别开来。严格说来，这些都不是已经完成了的工作成果，而仅是在进行中的工作的一部分，需要另外处理。紧跟在

笔记后面的，是有关个人或小型的联合科研工作的“论文”。到目前为止，它是科学交流中的最常见的基本单元。记载的是四分之一到两个工作年①的成果。接下去的是一个日益普遍、但却没有适当名称的类型；这就是关于三名至二十名科研工作者进行了长达十年之久的联合研究的叙述。各个工作者的贡献如此密切有关，以致最可取的发表形式显然就是写出有连贯性的共同报告。根据所耗的时间，这可以是长长一系列文件，在需要对材料进行加工的情况下，也可能是单独一篇长篇论文或者专题文章。

接下去的一个类型是关于任何一个特定科学领域的进展的报告，虽然它可能是由一个人或少数人编写的，却记载了一千个工作年以下的任何工作成果。这类报告如果内容简短，可能是以专题文章形式出现的有独到见解的科学著作。这和用以授课或作通
294 俗说明的教科书不同。后两种出版物有别于报告的地方主要在于：参加合著者人数较少，而且其中所写的意见相对来说必然是个人看法和不那么慎重。这些类型的出版物由于具有永久性质需要放在科学档案中。除了这些发表形式之外，还有通告。它虽然属于暂时性质，不过对眼前科学工作的进行却具有同样的重要性。通告包括关于新发现的公告，关于实用的和理论性的新技术的论述，关于会议和讨论内容的报道以及比较涉及私人的科学新闻。

迄今提到的各种类型出版物大部分仅在一个学科范围之内使用，换言之，就是在每一个人都理解对方的术语和论点的范围内使用。在这个范围以外，日趋重要的还有目的在于解释某一门科学最新进展和技术，以供另一门科学借镜的出版物，以及把若干

① 一个工作年是一种计算单位，指一个科研工作者一年的工作量。——译者

门学科加以综合的著作。这种综合足以把几门学科结合为一个整体，上世纪物理学中的伟大综合就是这样。

发行的问题　需要保证各种不同的科学情报得以发表并且发行到可以从阅读中得到最大好处的人手里。从表面看来，这似乎是一个明显的技术问题，不值得讨论。不过由于这个问题一直得不到解决，人们甚至没有感到存在这样一个问题，因此，就有必要加以讨论。除开单纯的保守和既得利益集团以外，最重要的内在困难是科学的范围过广，牵涉的科学工作人员人数过多以及他们发表工作成果的速度过快。在这种情况下，单单予以出版是不够的；目前出版的东西过多，科学工作者读不胜读，甚至连和自己眼下的研究有关的一部分资料也读不完。然而这主要还是由于缺乏组织，以致他们实际上不得不去阅读大量无用的资料，以期碰巧发现一点有用的东西。我们要建立的一种组织是这样的：每一个工作者理应可以得到一切有关的资料，而且资料数量还和有关的程度成比例。此外，工作者不仅可以获得资料，而且还不需要研究人员采取特别步骤，大部分资料就可以送到他的面前供他使用。这就意味着要建立一个系统，或者说服务体系，来对科学情报进行记录、归档、协调和分配。实际上各国科学家已经考虑到这种方案了。*华盛顿的科学服务处的文献部已经进行了最 295
精细的研究。它已经相当具体地为美国，归根结蒂也是为世界各国制订出完备的科学服务机构规划。（参看附录VIII）这里所提出的建议部分是以这份文件为根据的，不过在不少方面也和它有出入。

以发行服务机构来取代期刊　所有的方案都一致主张要改

* 俄国的菲德罗夫斯基和荷兰的冯·伊特生对这一问题很感兴趣。

造而且在很大程度上要废止一切现有科学期刊，至少也要废止那些以独立的论文或专题文章为主要内容的期刊。除了我们已经论述过的重复和缺乏协调的问题以外，出版这种期刊显然是一种分配大量科学情报的效率低下的方法，虽然它们在早期是很有价值的。那时每一个科学家都能把一切现有的科学出版物阅读一遍，而且感到多多益善。目前个人订购科学期刊很少能阅读其内容的百分之十以上，但是图书馆订购的书刊却几乎总是同时有十来个人要看。明显的解决办法是把单独发表的论文本身作为科学家之间交流的单元。

这实际上是由于科学家相互之间私下分发此类论文的复印本而自发形成的一种笨拙而费钱的做法，实际上是恢复过去的科学通信制度。目下做法所以花费大，是因为出版份数少，印刷费用贵。这种做法所以效率不高，部分是由于采用这个方法的科学家人数不多，部分还由于这样做的人根本吃不准谁会对他们的论文感到兴趣。因此，他们就无法把论文送给许多可能对论文感到兴趣的人，而且实际上却往往把论文送给许多只会把这些复印本丢弃的人。总之，由于复印费用和邮资往往由科学家自己掏腰包，这个做法从来没有可能发展到需要达到的规模。合理的方案是使发送论文——不再是复印本——成为科学交流的主要方法，并且要组织一个编辑和分发机构来执行这个任务，以代替现有期刊的许许多多编辑部。这些论文的大部分将送交真正的科学工作者，不过当然还有一些份数是要送给各实验室的。各实验室可以根据某些合理的和预定的制度将其装订起来，还有一些份数将保存在档案室内。

直接影印复制　　在这里产生了一个技术问题。如果照目前做法把论文复印的话，那么所节省的将仅仅是编辑室费用，但是

论文并无非印出不可的理由，而且有许多理由说明我们可以利用现在为了其他目的逐渐采用的较新的方法，特别是打字原稿微型 296
照相法(见边码第 377 页)以及照正常尺寸加以复制的方法。据估计，如印数少于二千份，印刷费用要比影印为贵，而大部分科学论文的读者是达不到此数的。即使当科学刊物出版数达到此数时，读者人数也是达不到此数的。不过美国的调查特别说明了影印还有另外两个好处，第一，用以复制论文的微型底片或胶卷所占空间比普通文件少得多，所以就更容易保管，更便于归档。这样从保管便利和查阅便利两点看来，它都是最好的一种档案。把现代商业归档方法应用于科学论文，举例来说，就有可能借助自动化机器把同一切研究有关的实际论文编成完整的文献目录。这样就节省了学者的研究要花费的无数年月。从科学观点看来，学者研究耗费的这些时间纯属浪费。

这个制度将如何进行工作　这个制度的工作方式大略如下：任何学科的科研工作者都可以把论文交给出版处，然后就象目前一样再交给一个从事审查的编辑部，经通过后即加以修改或原封不动地影印。然后立即向所有图书馆以及向一切有关的科学工作者分发若干份复印本。这些科学工作者已经先期交来卡片，在其上面注明自己希望获得某某领域的复制论文。还有一些份数是送给另外的一些由于以下文所述方式看到了报上的通告而请求发给复印本的人。然后把原稿或底片收存，以后即使经过多年，也还是可以随时在用户请求之下印制复本，这样就可以象印制首批复印本那样方便地立即进行复制。虽然这种制度初看来似乎比现行制度复杂，实际上将更有条理、更经济。目前使许多科学家深感不便的大量单纯技术性的编辑工作，将由一个小小的中心办事机构有效地加以处理，因而有可能以同样的费用出版比现在多得

多的论文，假如打算这样做的话。特别是，一些论文由于篇幅过长或者由于具有其他费钱的特征以致在目前无法出版，在这个制度下予以出版却不会造成什么特殊的困难。

摘要　不过出版和发行科学论文的办法也只是科学出版工作总方案的最重要的一部分。虽然根据上面扼要讲过的制度，有
297 关论文将主要地、而且仅仅送交对论文感到兴趣的人。一些重要论文仍然有可能整个地遗失，即令仅仅是有这种可能。其结果就会象上面已经谈过的那样，使科学发展由于缺乏可资利用的情报而受到阻碍，在现行的制度下这个缺陷自然在程度上就更加严重得多了。目前是以编写摘要的方法来补救的。可是现行的编写摘要制度有不少缺点。首先，虽然人们力求使其合理化，不论在国内和在国际上分别出版的摘要期刊都还嫌过多，而且这些期刊的质量一般都不高，一篇论文可能被反复多次作过摘要，其他的论文则可能完全被漏掉，至少在两三年的时间内被漏掉。

只编一套摘要当然可能是过于简单化了，因为摘要使用者可能从很多不同的观点来阅读论文，例如，一个化学家对于一份生物化学论文的摘要的态度会不同于生理学家的态度。但是只要适当照顾到不同的观点，就可以使摘要制度统一起来。一般可以由作者自己写出论文的主要的摘要*，不过为了划一起见可能有必要加以修改。只有涉及一门学科以上的论文需要编写另外的摘要。不要以书本的形式来提供摘要，因为书本本身还需要有索引，而且在书本中，摘要是部分按照主题排列、部分按照发表先后顺序排列的。倒不如直接使用卡片制度，设法把整套摘要卡片送交图

* 人们往往认为：作者最不善于为自己的文章写摘要。不过要求写出详尽概要的做法日益普遍，说明他是能够为压缩自己的著作提供一些帮助的。

书馆和研究所，并设法根据主题进行挑选以便发给要求取得摘要的科研工作者。这当然会使摘要数目比选寄给同一些科研工作者的论文多得多。如果摘要是由负责处理论文的同一机关来编写的话，就可以减少邮费，而且因此增加的总费用一定是极少的。

报告　剩下的问题是把科学交流的单元汇总起来，换言之，即编写各种各样的综合性文章，尤其是专题论文和报告。在这个问题上，只要扩大目前的做法可能就够了。许多科学学会都发行年度报告。我们需要做的仅是把这个做法扩大到整个科学领域，并且使同一或有关的学科的不同报告协调起来。这种报告具有很大的重要性，而且这种重要性必然会与日俱增。为了跟踪科学的进展，将有必要日益倚靠它们给予指导。然而不但科学家，连技术人员和行政管理人员也需要利用报告。也许有必要设立一个专 298
门机构来进行编纂工作。很可以采取斯坦普勋爵在《社会调整的科学》一书中所提出的方式：

“第三个总的措施是推广这种做法：由每一学科的负责机构来定期检阅本学科的邻近腹地。它们应该在每一阶段列出他们心目中的本领域的主要发明和改进。应该把这些发明和改进区分为已经直接地或通过另一门科学在社会领域或在经济领域得到实际应用的两种类型。应该对每一项发明引起失业和形成新资本的效果加以估计，还要估计被取代的一切就业人员和资本以及工业位置的变动。人们大概会发现，一个共同的统计技术机构会为这些专门的调查提供便利，而且肯定还需要一个这样的机构来把这些调查资料加以整理并纳入全面综合中。某些科学例如天文学和数学，其全部“成果”只能间接地通过物理学来应用。不过根据一个共同的时间表或是根据需要经过协调取得一致意见的问题调查表来工

作，会使专家产生一种社会意识。这对他以后的工作将有极大帮助。在开头时，这种工作将会是粗糙的和梗概式的。不过问题在于：有关的专家可以作出不可缺少的贡献，而他们自己也可能从中得益不浅。"——《社会调整的科学》斯坦普勋爵著，第四章，第149页。

在专题文章和独创性的科学著作问题上，所需要的改革就更少了。在这里，问题与其说是还要进行技术性的改革，不如说是要实行统一的编辑政策并保证说服有资格的作者每隔一定的适当时间都能写出一些有关他们的学科的著作。对于教科书，也应该作出类似规定，因为只有这样，才能使教科书的水平，因而也是整个科学教育的水平跟上时代。在过去，不朽的《德国手册集》就在某种程度上履行了这个职能。这些手册认真地及时记载了每个领域中科学进展的细节。即使在现行制度下，也应该有可能通过各出版商之间的协议，做到把用英文记载的科学成果同样包罗无遗地收集进去，不过人们可能希望其篇幅略短一些。只有以纪事期刊形式出版的一类科学出版物需要保留下来，即象《自然》杂志这样的类型。它将以笔记形式报道最新科学消息，不但报道新发现，而且也报道新实验室和行政改革的消息，同时反映科学和更广泛的社会问题之间的关系。

控制弊端 我们在提出一个合理的科学出版组织形式的同
299 时，还必须正视这种变革所可能带来的危险。科学出版工作可能有两大类弊端：一种是"滥"，即容许出版大量不正确或价值可疑的资料；与此恰恰相反的危险是"严"，以致妨碍了可能有极大科学价值、但在初次发表时可能和正统观点不一致的资料的出版。可能有人担心，任何企图把科学事业加以集中的做法都会增加这两种弊病中的某一种弊病。其实要是处理适当，这理应是能够消

除这些弊病的。

譬如说，我们并未建议把出版工作的编辑职能交给永久性的行政班子。他们将仅仅充当论文作者和在目前制度下担任科学期刊编辑的人们之间的桥梁。编辑们怎样才能很好地完成他们的职能其实是一个人选的问题，因而这多半要取决于科学家本身的组织方式。特别是青年人在这问题上应当比目前有大得多的发言权。总的说来，将来的趋势是灵活，因为发表一篇质量差的科学论文的害处要比压制一篇怪癖但却可能有价值的论文的害处小得多。在新的制度下，无用的论文是没有人要的，它们不至于塞满科学期刊的篇幅，也不会使这个制度不适当地多花钱，同时它们的最终价值将在定期的批判性报告中加以判断。原则可以是，一篇论文只要在编辑部中得到任何一个成员的赞同，都应该发表。

为了替存在大量科学期刊的现象辩护，常常有人断言：在目前情况下，一门新学科或者对建立已久的老学科所持的新看法，不可能期望在现有的期刊中得到应有的赏识，所以一些热衷于此道者就联合起来，另外创办新刊物。在这里，用经济得多的办法也可以达到同一目的，那就是在遵守这些规则的编辑部中为新学科的代表安插一个地位。单单为了制止科学出版物的泛滥，大可以采用加倍发行某些论文的办法来消除目前在若干不同期刊中同时发表同一论文的弊端。譬如说，如果论文中包含大量有价值资料，但其大部分内容只有少数人感到兴趣，可出版份数不多的全文，另外出版缩写本以供普通人阅读。只有某些中心档案室才需要收存所有论文的全文。所有这些论文都可以用微型胶片加以复制和妥善储存，做到即使遇上战争或地震也不会毁掉，或者至少做到某些整套资料有保存下来的可能。

只有通过在职的科学工作者和出版工作者的最密切联系才能 300

从根本上防止上述任何一种出版工作的弊端。出版机构将越来越成为科学工作者之间的一种方便的邮局，发挥同直接的个人联系和同一研究所各科学家之间的资料交换一样的作用。

出版机构所提供的可能性之一是，有可能使科学家经常获悉在有限领域内正在进行的工作。这就会消除不必要的重复工作并且提供获得大量情报的捷径。在目前，嫉妒和渴望优先得到情报的因素也许可能破坏这样一个制度，不过一旦把科学工作好好组织起来，而且有充沛经费，这种态度就会在很大程度上消失。出版组织决不会支配科学，而只会为它服务。

眼前的可能性 出版工作合理化的建议和这里所提出的大部分其他建议不同的地方，在于它更容易做到。这部分是由于它在初期不需要很大开支，而且经过一段很短的时间后，就会证明是更加经济的办法，这部分还由于它并不会使科学、国家和工业之间的关系产生什么变化。阻碍采用这个制度的困难倒是如何结束旧制度并另起炉灶的问题。出版商在科学出版物方面有一定的既有利益，但是除开教科书之外，他们从科学出版物所得的利润是很少的，而且在新制度下，可以答应出版商出版更多半技术性书籍和科普书籍以作为补偿。这类书籍肯定会随着国内科学出版制度的合理化而增加。同时还可以利用他们来建立新制度的行政管理部分。

一个更为严重的困难在于经管主要科学出版工作的现有科学学会的反对。虽然在大多数情况下，这种出版工作是学会的严重经济负担，然而在不少情况下，它却构成它们存在的主要理由。人们也可能单纯由于感情的原因而反对取消科学刊物。不过一旦人们明白了，现行制度已经严重阻碍了科学的进步而且可能在不远的将来把它完全窒息，而新的制度则会几乎立即使每一个科学

工作者大感方便并大大提高工作效率，这些反对理由就不再有力量了。毕竟期刊是为科学服务的，而不是科学为期刊服务。如果需要的话，可以达成一个妥协办法，把某一领域里特别有价值的某 301
些类型的论文装订在一起，使它们成为原来由一个学会掌管的期刊的继续，并且以这种形式保存在专门的图书馆和纪念档案室中，以保存传统。

国际上的问题

迄今，我们一直是把科学交流的问题看作是一个影响到一个清一色的科学家集体的问题来考虑，而不涉及国与国的关系的困难问题。我们已经指出过科学在多大程度上具有国际性以及科学界又怎样划分为四五个超国家的大区域。对于科学出版工作说来，这种区划自然是关系重大的。象上文大略说过的那种把出版工作加以合理化的任何制度，除非是在比大多数国家单位大得多的规模上应用，否则就不可能奏效，虽然对美国或者苏联那样的大国可能是有效的。不过，只有在它完全具有国际性的时候，它才能充分发挥作用，因为仅在一国建立合理的国家组织，就意味着在跟踪外国研究工作方面所花费的一切气力和混乱状态仍然存在，而且还要增添在国内采用一种制度和在国外采用另一种制度的麻烦。这必然会进一步使国内科学和国外科学脱节而且破坏科学的国际统一性。不幸目前国际形势并不能鼓励人们对马上实现科学的国际化抱很大信心。至多仅能希望实现某种程度的协作。即使人们越来越多地利用科学来达到本民族的目标，可供出口的剩余的东西也还是有的。这些东西，就是那些被认为不具有直接军事价值的物资，而且这些东西由于质量优良还可能提高输出国的威

望。这就可能意味着：科学的最有价值的部分将具有国际性质，而且只有它们才是可以用有组织的和合理的方式拿给别人的。

分散化 撇开目前的本民族的考虑不谈，虽然科学有其国际统一性，在大多数情况下，很可能它的组织形式，特别是它的出版组织形式，还是以分散方式为好。地理上的考虑决定，一般来说，在同一个国家中工作的人们之间的交流要比在不同国家工作的人们之间的交流更为密切，而且在任何一国中都只有一定数量的科学成果可以输到国外而得到好处。在一个理想的制度中，不
302 会只有一个科学出版物中心交换所，而是有好几个彼此密切联系的中心交换所。对本国或本区的科学工作者说来，每个中心将成为收集和发行点。他们将把需要在其他国家大量发行的科学论文送交相应的中心。这样就可以达到最大程度的自治和国际协作。不同学科所需的国际协作程度自然有显著的差别。某些学科只有在国际协作之下才能工作。天文学、气象学、地球物理学、土壤学和防疫学都已经有了有效率的和合理的国际组织。这些学科的这类组织可以立刻把出版工作抓起来。在其他学科中，这也许是不可能或者不相宜的。

第二科学语言 语言仍然是一个棘手的问题。在这个领域已经实现了某种程度的合理化。英语、法语和德语是三种最好的科学语言。不过其余国家的语言还用于各国国内流通的一切科学论文。一个合乎理想的制度将是这样的：除了所有这些国家的语言之外，还应该有一个公认的国际科学语言，起着拉丁文在科学发展的第一个伟大阶段中所起的作用。尽管有了民族主义的阻力，还是有希望通过使用英语或者基本英语之类经过简化的英语变种，来做到这一点。*毫无疑问，这种变革将会对科学产生最迅速

* 《应用科学基本英语》，C. K. 奥格登。

和最有益的影响。语言的障碍仍然是极其现实的困难。只要看一下任何一本涉及科学题材的教科书就可以明白：作者想来总是一位有训练的科学家，然而他对用本国语言发表的著作比对用外国语言发表的著作却熟悉得多了。

不过如果要等到采用了这种通用的第二语言后才进行科学出版物合理化的工作，那就不对了。要使新出版制度适应语言方面的现状按理是不困难的。每一个一国范围的发行中心将处理以本国语言发表的论文。编辑部将负责安排把一切经断定具有足够重要性的论文，以及国外有特殊需要的论文，都译成一种或所有三种科学语言。在另一方面，他们将负责安排把自己国内有特殊需要的任何论文译成本国语言。所有论文的摘要都将以三种科学语言发表。如果某些国家有足够重要的科学成果，也可以用这些国家的语言来发表摘要。报告的出版工作也可以遵照同一办法。报 303
道科学消息的国内期刊将以本国语言出版，但是它们都将同样刊载关于有国际重要性的发现的笔记。人们当会看出：这样的制度一方面使人们可以进行最大限度的情报交流，另一面既不伤害民族感情，又不要求人们受单一国际中心的严格控制。三四个协作中心，譬如须一个设在日内瓦，一个设在美国，一个设在远东，就必然会有助于沟通各个国内中心的活动。

个人接触的重要性

科学交流并不全都是通过发表论文进行的，甚至也不是大部分通过发表论文进行的。一批科学工作者和另一批科学工作者之间还通过访问、个人接触和通信进行科学思想的交流，其范围要比我们所认识到的广泛得多。在不少情况下，一个实验室的新思

想，要等这个实验室变得十分有名，以致使其他科学中心的重要工作者慕名而来的时候，才能传播到这些新思想的发源地以外。现代科学的最伟大的发现有一些有赖于不同来源的思想的相互作用。只有当吸收了不同中心的思想的工作者聚集一堂的时候，才会产生这样的发现。玻尔原子理论是我们一切现代物理学的基础。它所以能产生，就是因为玻尔在德国吸收了普朗克的量子理论，以后又到卢瑟福的实验室工作，并且在那里接触到原子核的理论。这种交流的价值是再大也不过了。我们确信这种交流还没有在科学发展中充分发挥它可以发挥的作用。一个实验室的科学家对另一个实验室的同道的访问，几乎每次都会带来一项新情报或者一个新观点。这是无论读多少书也办不到的。自然，这种情况部分是由于目前出版物过多和过于混乱。不过，即使消除了这种状况，还是会有不经当面示范就无法传授的技术以及无法宣之于笔墨然而却可以通过个人接触而交流的思想。

为旅行提供便利条件 迄今妨碍这类访问的主要因素是缺乏金钱。除了应邀参加某些大会外，科学家是自费旅行的。他的薪金，特别是在他最能给人留下印象和最活跃的年头里，往往不
304 够支付旅行费用。我们必须为科学家前往其他工作中心和在那里居住提供多得多的便利。设立休假年是这方面所采取的一个步骤，不过相隔七年时间也太长了。不同种类的科学家的需要大不相同，不过一般可以公平地说：科学家在正常的休假之外，每年在自己的实验室以外的其他实验室工作两个月是有好处的。虽然这项费用对于科学家个人说来是很大的，但对整个科学事业说来却显得很微小。可以很容易地增加目前的旅行基金，使这些旅行、特别是在铁路由政府控制的国家中旅行，所费极少。至于接待问题，凡是有学会组织的地方，一般说来不至于有什么额外费用，因为

来访的客人总是和外出的主人人数相等，而私人接待费用可以由中心基金来开支，负担不会很重。这种互访的好处不应该限于高级科研人员。不但应该无限制地向青年科学家提供这种机会，而且把它扩大到机修师和实验室助理员也是有很大好处的。他们在目前实际上毫无旅行的机会。他们尤其可以从实用技术交流中得到好处。如果可以安排这种旅行的话，实验室技术水平会更加一致而且会发展得更快。

改组科学交流制度的总的效果，将表现为科研效率的迅速提高。不仅如此，就是科学理解力本身也会变得更容易为普通公众所理解。这样，明智的合作就将取代对不理解的事物的盲目钦佩。以这样小小的努力却能获得如此可观的效果的改革是几乎没有过的。

科普工作

假如我们不在同时使对科学的真正了解成为我们时代普通人的生活的一部分的话，增进科学家对彼此工作的了解就毫无用处。法西斯主义所以能在今天恢复十分明显的野蛮行径，是由于受到了人们的盲从态度的纵容和鼓励。人们所以有这种盲从态度，则主要是由于人们缺乏知识，特别只有一知半解的知识和错误百出的知识。对科学的理解的基础在于改革教育，不过几乎同样重要的是要使成年人有机会理解科学今天所起的作用，以及了解这种作用对人类生活可能产生什么影响。传播这种知识的自然媒介是 305
报纸、无线电和电影院。此外，可以通过书本和实际参加科学工作而建立更为牢固的联系。

科学和报界 今天的报纸对科学的报道大多是耸人听闻和

肤浅的。在某种意义上说，现代报刊对生活的各个方面普遍都是采取这种态度，不过为什么控制报纸的人们不希望人们对科学产生按照科学的重要性应有的兴趣，也有着一个特殊的理由。如果天天向人们灌输科学为人类谋福利的可能性，就会激起一种无法抗拒的呼声，要求实现这些福利。这是报业老板和登广告客户的既得利益集团所不喜欢的。然而为了商业宣传的原因，英国报纸是完全可以多登一些科学消息的。这种理由早已为美国报纸所理解了*。在这里需要的是完备的科学新闻机构，由有能力的科学家准备材料并向报纸发布，并在所有日报和周刊任命科学编辑人员。他们主要是新闻记者，但须受过科学训练。现职的科学家在科学新闻工作中取得成功的情况是不多的。这个领域的工作者应不限于科学家。上述报道制度的改进，理应使新闻记者更容易对科学作正确而有趣的报道。

通过无线电和电影院来传播科学知识　美国广播公司举办关于科学题材的讲座是一个很好的开端。事实上朱利安·赫胥黎和利维教授等人的谈话说明他们对社会的理解比任何其他科学讲演人都深刻得多。自从他们作了这些讲演以来，已经有了令人注目的反应。不过只要有了开明的政策，应有可能通过无线电广播讲话，在现在或者还可以通过电视让公众了解科学工作的实际情况。公众可以收听和看到进行中的实验工作。电影院提供了更大的可能性，这一点才开始为人所理解并且加以利用。质量极高的科教电影已经存在。在不少情况下，电影院可以比直接观察更生动地展示科学的各个方面，例如植物的生长。不少这种电影是很动人

* 有几家美国报纸拥有著名的科学编辑，并且维持着高标准的科学报道。此外，还有一个“科学服务处”组织，负责收集向其他报纸发送消息。这些新闻远比我国所刊登的可靠而不那么耸人听闻。

而优美的。最近，科学家电影小组的建立就是更加全面地摄制此类电影的开端*。这个小组将保证在摄制时取得一些科学家的合作。在改组科学工作的时候，电影摄制将成为必要的组成部分，因为这类电影略加修改就可以用作科研工具、教育工具和普及科学的工具。

科普书籍 最近科普书籍所取得的巨大成功表明人们对科学知识的巨大需要。可是迄今，这些书籍都是通过热心的科学家或有进取心的出版商的单独努力而出版的。他们要末毫无出版计 306
划，要末根据单凭个人经验制订的计划来出版。这些出版物对整个科学的各个方面的介绍是极其不均匀的，例如，天文学和宇宙的其他奥秘占了完全不相称的巨大篇幅。连续出版的科普丛书颇有发展余地。最好是由青年科学家，而不是由老年科学家来从事编写工作。因为老年科学家已经同正在进行的工作失去联系了。科学可以用普及形式来介绍，而又不损及它的任何精确性，而且事实上由于把科学同普通人类需要和愿望联系起来，科学就更加显得重要。霍格本教授的两本带头的著作，《大众数学》和《大众科学》，显示出这种尝试可以取得怎样的成效。

世界百科全书 在上述一些工作的后面还有一个前景，具有更大、更持久的重要性。这便是编写一部联系科学的社会环境来介绍整个科学的全面的，不断修订的著作。H. G. 韦尔斯在呼吁编写一部世界大百科全书的时候对这个主张作了极其有说服力的说明。他在自己著名的纲要中已经预先勾出这部著作的轮廓。百科全书运动是十八、十九世纪自由主义革命的伟大旗帜。真正的大百科全书不应是《大英百科全书》蜕化成的那个样子，即

* 《星期日泰晤士报》，1938年5月15日；《科学工作者》，1937年11月及1938年4月。

仅仅是一大堆通过高压推销办法出售的无关连的知识，而应该连贯地表现出活生生的和不断变化的思想总体。它应该总结出当前的时代精神：

“我们已经逐渐到了这个地步，就是我们要对交通、卫生、货币、经济调节和杜绝犯罪等事务的世界联合管理进行设想和形成初步构想了。在所有这一切具体事务中，我们开始预见到在全世界的人们之间建立一个世界性工作网的可能性。这么多的“世界和平”工作已经被纳入——我应该怎么说呢？——大家的想象范围之内。但是我认为我们还没有充分注意到一个必要先决条件，就是使人们的思想比目前更加密切一致。一切统一处理人类事务的设想的实现，最终有赖于人们对于这项工作思想一致。目前我们的大多数这类工作所以失败是由于缺乏这一有效的思想统一。不管要使人类彼此倾轧的力量有多大，不管其后果是多么悲惨而可怕，只要人类的思想仍处于混乱状态，他们的社会和政治关系就会继续处于混乱状态。——H. G. 韦尔斯《世界智囊》第39—40页。

“这部世界大百科全书将成为世界每一个才智之士的知识背景。它将是活生生的，而且将在世界各地富于独创性的思想家的修正，补充和更新下，不断成长和变化。每一所大
307 学和研究所都应该给它输送养料。应该使每一个有新思想的人都和它的常设编辑组织保持联系。在另一方面，它的内容将成为——世界各地——学校和大学教学工作的标准资料来源，核定事实和检验论证的标准资料来源。甚至新闻记者也要使用它；甚至连报纸发行人也不能不对它肃然起敬”。（第14页）。

原来的法国百科全书的确也想这样做。它是在自由的势力正

在集蓄力量准备打破他们的桎梏的相对平静的期间编写出来的。我们则已经进入了革命斗争的第二时期，不容易保持思想的平静，而保持思想平静却是进行这种工作所必需的。不过还是值得去作出某些努力的，因为相信民主、相信全世界人民为了自己的安全和福利需要起来夺取生产和行政管理的积极支配权的人们至今还没有起来普遍一致地谴责野蛮力量对科学和人类的联合进攻。

群众参加科学工作　所有这些使科学成为我们生活和文化的内在部分的手段，都有共同的缺陷：它们都是被动的。它们是一些关于科学的描述，和它们无关的公众可以去听，也可以拒绝去听。如果不让全体公民在一生的某些时间、和许多公民在其终生都亲自积极参加科研工作，科学就永远也不会真的普及起来。受过科学教育的群众所以会接受种族理论那样悲剧性的胡言乱语或者占星术和招魂术的古代迷信，主要原因之一是由于：这些都是在科学的外衣下提出来的。只要科学是以一组论述的形式出现，而且只要大部分人不加考虑就把它们接受下来，就没有什么真正固有的标准，能把真正的科学和这些卑劣的赝品区别开来。科学的事实内容固然重要，然而这还是不够的。对大多数人说来，科学方法只能在应用中加以掌握。如何才能做到这一点，既是科学组织的问题，也是社会组织的问题。目前由群众参预科学工作，由于人们有偏见还难于推行。在一方面存在着有文化的人对科学知识的鄙视，对于科学实践的鄙视就更厉害了。这种鄙视渊源于古代对手工工人的鄙视。*在另一方面，工人阶级极其不信任现在人们所从事的科学。对他们来说，它是威胁就业的一种危险，又是提高劳动的单调性和强度的手段。只有在象苏联那样的地方，

* 见法林顿教授的随笔"维萨留斯论古代医学之衰亡"，《现代季刊》第一卷，第23页。

由于社会改革使得这种态度不再站得住脚(见边码第228页)，群众
308 参加科学工作才能实现。不过，即使在目前我们也还可以做很多工作。正如我们已经指出的那样，当然应该首先从学校做起，不过成人对科学的兴趣也大有发展之余地。我国有几百个科学学会，但它们规模都不大，大部分都是孤立的，和中心科学研究所联系不够。人们已经着手去组织对实验室的参观访问了*。下一步是配合研究中心，组织实际科研工作。首先，这项工作将主要涉及业余科学兴趣，特别是涉及人们对自然史的兴趣。不过理应有可能引起一系列新的兴趣，办法就是使工人集中力量；对工厂条件进行科学研究和争取工会的支持。不仅要象过去那样设立职工大会科学咨询委员会(见边码第407页)，而且还要使工人自己去研究自己的工作条件中的技术因素和人的因素。明智的顾主会立即看出这给生产，给改善条件会带来什么好处。如果顾主不那么明智，由于工人准确知道现有条件所造成的后果并且知道消除这些后果的技术和行政手段，他们在提出改善工作条件的要求时，地位也会大大加强。任何这类改进都需要由工人和科学家联合行动。已经有了开始发动这个运动的迹象了；我国已经有了工人教育协会之类的团体，虽然它的兴趣主要集中于文学和社会学方面，它对于科学的态度也还过于消极。在法国设有工人大学。在那里出名程度不等的科学家和有组织的工人携手并进。这个开端大可以发展，而且应该加以发展，因为科学的进步，甚至它的继续存在都主要有赖于这一群众基础。

* 例如，已经安排铁路工人全国工会、机车司机和司炉工混合协会、铁路职员协会和劳动学院全国委员会的剑桥分部的人员去参观访问剑桥生物化学实验室。

第十二章 科学经费筹措

科学和经济制度

建立一个令人满意的经费筹措制度将是科学事业的改组工作的一个不可分割的部分。不过探讨这样一个制度要比讨论科学行政管理困难得多，因为科学经费筹措并不是科学本身范围以内的事，而更多地取决于科学事业所在的社会的经济结构。我们将在后面一章里讨论看起来充分利用科学为人类谋福利所必需的那种经济结构。此刻，只要联系两种类型的社会组织谈谈科学经费筹措办法就够了。在其中一种社会里，整个经济是由人们自觉地加以控制的，而且可以利用整个经济来达到任何希望达到的目标；在另一种社会里，即在苏联境外的目前社会里，经济因素的实际控制权操在垄断企业老板以及代表他们的共同利益的国家的手中。第三种办法——纯粹小规模的竞争性的资本主义——几乎不值得研究，因为它现在仅仅具有历史意义。

科学的经费需要——灵活性和可靠性　一个有组织的统一的科学部门的需要是灵活性，连续性以及稳定的或不断提高的发展速度。由于科学研究的不可逆料的因素以及各学科之间的复杂的相互关系，任何僵硬的规划都会造成极大的浪费。不但科学事业的总的经费需要，而且各学科之间的经费分配也往往在较短期间有相当大的变化。为整个科学事业或者它的任何分支规定僵硬固定的经费都会造成困难和浪费。要末是没有经费继续进行新的

和重要的研究，要末是一时经费多余出来。由于一切部门都根深蒂固地不愿把经费上交，往往会把多余经费浪费掉。科学的经费需要的这种多变性质，使适用于其他政府机关的经费管理办法变得十分有害，而且还会使许多科学家摒弃有组织地开展科学工作
310 的整个概念，因为他们想不出除开目前看到的管理形式以外还有别的什么管理办法。

既然如此，如果断言目前科学经费筹措办法的主要弊病不在于其僵硬性，而在于其极度的可变性，那看来是荒谬的。不过，随着不断变化的科学需要而产生的经费变化和国家财政紧急措施和临时的大笔赠予所造成的经费变化之间有着根本的不同。目前科学在这两方面都深受其害。在新发展急需经费的时候往往得不到新的资金，而同时在没有特殊需要的时候，在事实上也没有人手来进行必要的工作的时候，却可能收到大笔金钱。在另一方面，需要有稳定的经费收入的长期科学项目往往突然削减经费，造成大量已经完成的工作全部报废的巨大浪费。

计划经济中的科学

预算的决定　理想的安排将是这样的：由科学组织本身的财务部门和包括工业、农业和社会服务行业在内的国民经济代表联合协商确定科学预算。这样，就可以一方面根据科学部门自己估计的科学内部发展的需要，另一方面根据社会急需的某一应用项目所要求的某一门学科特别发展的需要，把两者加以平衡，然后决定科学经费金额及其分配办法。例如，科学家可以提出增加化学胚胎学研究经费的要求，并且指出其所以有必要发展化学胚胎学是为了弄清楚妨碍着其他学科进展的问题，而全国经济委员

会则可能希望对高炉炉壁的效率进行深入的研究。这些要求不一定都会互相矛盾。如果能很好地认识到有可能取得成果的科学各组成部分的总趋势并且能同时很好地认识到根据科学在一定时期内满足社会需要的可能性所估算出来的整个社会需要，那么，科学发展的实际进程就将是这种认识的结果。

内部经费分配　有人可能说：有了科研经费的总金额，就可以让科学家自己在科研部门内部进行经费分配，不过在目前，科学家是否最善于判断发展科学的最好办法还是值得怀疑的。假如他们必须结合当时的社会需要来考虑科学发展问题，那么在经 311
费使用上就肯定要比单单考虑科学内部发展为好。与之相反的意见——科学并不是应该遵照社会要求的质量和数量来购买的东西——当然也是同样错误的。目前造成科学工作的最大浪费的原因之一正是把科学当作一种商品看待的观念，亦即根据成果来付款的办法。这是商业时代的必然后果。正是这种态度，几乎从科学一开始诞生，就造成科学界那种特种的不诚实作风：科学家为了取得他自己认为极为重要的科研项目的经费，就假装说自己要把钱用于支持者可以获利的研究项目。刻卜勒说过：“上帝为每一种动物提供适当的养料，他为天文学家提供了占星术”。

在开头，科学界和国民经济的代表的联席协商将会是困难的，因为要双方理解彼此的语言需要时日，不过正如已经在苏联发生的那样，对彼此利益说来，不久这种协商就会开始显得既自然又有必要了。这种协商不仅有必要包括来自科学院的科研工作代表，而且还要包含来自大学的代表，因为发展科学的任何规划都必然意味着培养适当人才并把他们分配到不同的领域中去。任何合理的科学经费筹措办法都会促成生物学和社会学的巨大发展。这个发展本身就要求对不同学科的学生人数和教学组织形式

作相当大的变动。

实验室的经费筹措　科学工作的财务和行政单位将是研究所或实验室。财务委员会的任务将是保证源源不断地提供或增加每一个实验室所要求的经费，只要它们认为这些要求合理。他们还能够保证任何拥有长期规划的实验室都能够继续进行工作，不致缺乏经费而中断工作。这种不断的经费供给将为科学事业提供基本预算，使之能缓慢而完全正常地发展。此外还会有额外支出的需要。例如，一项新发现可能开辟一个新领域，需要为之开设一个新研究所，或者一个新的社会需要可能要求设立一个研究所，以研究满足它的办法。虽然这类发展会在多年的长期过程中取得平衡，不过由于它们也包含着资本支出，会造成短期的非正常资金支出，为数最多可能达整个科学经费预算的三分之一。可以根
312 据国民经济特点，按照需要随时批准此类经费，或者另外建立有固定数额资金的特别基金，可以从中支出非经常性的款项。

加强科学事业　迄今我们都是把科学当作一个营业发达的机构来研究它的经费问题，虽然还考虑到了经费的某些经常性的增加，其数额只同应用科学成果所带来的每人实际收入的增加成比例。不过眼前的而且更为实际的问题是把科学发展和科学成果的应用提高到可以为社会带来最大效益的水平。显然现在世界上甚至还没有任何国家接近这个水平。在科学事业有多年历史的国家中，科学应用的规模还完全不够，而在苏联，虽然科学预算有点接近充足的程度，也还需要时间来建立科学传统和它的文化基础。由于缺乏这个传统，就使这些费用不能产生应有的效益。筹措科学经费的第一个任务将是加强科学事业而不仅仅是使它保持现状。

人才的利用　只要对经济资源加以利用，说到头就是只要

对原始的人力加以利用，物质技术就可以成倍增长。不幸，加强科学事业却与此有所不同。它不能不是一个比较缓慢的过程，因为它取决于是否有人才，即智力和经验高于一般人的人才。所以科学事业的成长有一个上限。这是由人才而不是由可资利用的资金决定的。不过这并不等于说，科学事业的成长不可能比目前快得多。这也不等于说成长速度本身不能逐步提高。科学事业不可能象工业那样每年增长百分之二十五或者百分之五十，不过现在却可以做到增长百分之十，而且一旦这个制度开足马力，就可以提高到百分之二十，如有必要，还可以再提高，其原因上面已经说过了。从根本上来说，原因在于现行吸收科技人员的制度和科学组织制度浪费极大。人才就在那里，只等人去使用。真正发展科学必须从教育制度做起，不过这实际上就意味着起码得经过八至十年才能在这方面收到任何明显成效，而且还要假定有足够的有才能的人担任教育工作。

为了取得更迅速的结果，就有损于充分使用现有的训练有素的有才能的科学家。毫无疑问，单是把已经有相当详细的规划的 313
科研方案付诸实施，就会在苏联境外的几乎一切国家中，使科学成果的数量大大增加。这些计划都由于经费不足而搁置起来，而这种限制在苏联是不存在的。当然某些困难一定会随着科学的需要的增加而产生，例如缺乏仪器或者缺乏有训练的助手等。这会多少妨碍科学工作，不过这主要是技术性困难，只要经费增加就会自动消失。显然，突然把科学主动性解放出来会造成浪费，不过这只是一切新的建设事业中存在的浪费。同目前停滞不前的状态比起来，这种浪费反而会是一种对社会有益的事。

科学工作者的地位　在任何科学财务方案中，科学工作者本身的实际工作条件都是一个主要的考虑。我们已经讨论过他们

在目前的困难(见第四、五章)。这显然有必要加以补救。但是仅仅消除这些困难是不够的；科学工作者需要特殊照顾，假如要使他能为科学尽力的话。他的主要需要是职业有保证，有充分的空余时间和适当的地位。我们应当这样对待科学研究职业。这并不是说，科研人员毋需做任何其他事情，例如教学或行政工作，而是说，如果他是善于做研究工作的，他就不必从事其他有碍于他进行科研的事务，而这种情况在目前也实在太多了。法国所采取的明确划分职业级别的政策(见边码第201页和附录VI)规定科研人员可以轮换从事教学和行政工作。这个政策为我们提供了一个理想的解决办法。关于工资的问题，根据社会制度的普遍不平等现象来看，目前上层的少数人和许多低层的人之间的工资差别过大。研究人员在早年思想最没有框框而且最富于想象力时，往往由于经济拮据而不能发挥其聪明才智。应该有可能规定一个差距不那么大的工资级别制度，以适应科学工作者的实际需要。目前人们用两个理由为教授所得的高工资辩护：他们必需有力量援助科学学会和接待外国科学家等等；一个更有力的理由是：他们必需维持一定的社会地位，以便可以同富有者交往，为自己的工作筹集
314 经费。满足第一项需要的办法是照已经提出的办法改造科学学会和提供接待外宾的经费。科学协会不再承担出版费用后，就不会再成为会员的负担。第二项，也是比较重大的一项需要意味着要改变经济制度。在改变后的制度中，科学家的重要性会直接得到承认，而不必以金钱收入多少为标志。

应该改善他们的工作条件，以使科学家享受长期而且不定期的假期。苏联的习惯做法以及其他国家的越来越普遍的做法就是这样。这种假期可以同科学考察工作结合起来。这办法的要点在于：应使科学家能独自思考自己的问题而不至损及其境况。这应

该既适用于科学院科学家，也适用于工业中的科学家；事实上，最根本的改革之一，便是通过经常轮换和定期会议以消除这两类人员之间的差异。一旦科学被承认为现代生活的机器的一个基本组成部分，科学家的地位自然就会改变。他不再会遇到人们既在实际上鄙视他，又迷信般地钦佩他的那种复杂情绪，而是被看作为一个有运气而且有能力来应付新的事物——而不是既有事物——的普通工作人员。

对经费不加任何外来限制 应该明白，科学开支的特点不同于正常生产企业开支。科学费用的任何一笔金额可能是浪费掉了，但是总的说来，整个科学的收益会抵补这笔费用，其比例要比任何其他形式的支出和收益的比例为大。换言之，实际用于科学研究的金额仅为整个社会支出的千分之几，可是它却能使社会收入每年增加百分之十以下。所以，从长远看来，对科研费用不加限制也许是经济的。这就是说费用仅受现有科学家花费能力的限制。只要想到科研费用将受到确定的内在限制，这种无节制的建议就不会被认为是轻率了。首先，从事科学工作的人必须具有高度能力和努力工作的条件，第二，除了应该增加低级科学家工资之外，额外支出不会用于个人。第三，用于仪器的支出将受一个人能使用的仪器数量的限制，即使可能比目前多两三倍，也并不是无限制的。

最适宜的支出 尤其是在英国科学界，自然有人根据吃不 315
到葡萄就说葡萄酸的原理认为，钱多了其实是害了科学家。他们把美国当作一个例子。在那里科学经费比别的地方多得多，却没有与之相称的成果，而且反而产生了一些弊病。的确，有钱购买昂贵的、多少合乎标准化的仪器会在某一程度上妨碍人们去制造质量较差、操作困难，但却可能开辟新途径的仪器。不过这种弊

端应该同由于缺乏某种仪器而完全无法取得成果的弊端相权衡。同样，有人认为，如果科学变成似乎是一个收入丰厚的职业，就会吸引一批不良份子到科学界来，极力从中捞一把。然而，我们在考虑这一点时还应该考虑另外一个事实：如果科学工作收入低微，无保障，从业人数有限制，许多有才能的人会裹足不前。必须把这些针锋相对的论点加以权衡，得出适中的办法来。肯定会有某种科学开支能使所耗金钱收到最大效益，然而这种开支不一定就是最适宜的科学支出。从社会观点看来，花双倍的钱去取得一倍半的科学成果是值得的。那种认为美国科学界可能比英国科学界花钱多，然而它对社会的价值也不见得更大的看法是无法肯定的。不过我们已经指出，目前科学上的浪费主要由于它的组织上的缺陷。这种浪费要比一个规划周密的科学事业中可能无成果的实验所支出的开支大得多。此外同科学开支增加有关的不少弊病其实是与科学工作无关的，而只不过是经济制度弊病的特殊例子。只要人们把获取利润当作可取的目标，没有什么行业、甚至连科学这一行也在内，可以不受到它的影响。不过这并不就是说，在存在这些令人可叹的活动的社会中，增加科学开支就会造成目前同它相联系的一些弊端。

理想的科学经费筹措办法首先要迅速增加经费。这种增加仅受觅得有足够能力的新工作人员的可能性的限制。而且在以后还要同样迅速地，即使不是更快地增加经费，不过这种增加将和人们自觉认识到的发展科学的社会需要相一致。如果我们想到有可能建立一个摆脱了目前令人不安的经济不安全和战争，而且能够为造福人类而发展科学的井然有序的社会的话，我们就能够看到：在这样的社会中，将会存在发展科学的加倍动力。这部分将是由于科学对社会的用处，部分将是由于科学活动本身使人们不再那

么有必要从事其他职业，这样就有可能首次充分合法地为科学而 316
研究科学。

资本主义经济中的科学经费筹措

如果我们撇开仅仅由于科学对社会的价值而考虑如何为之筹措经费的问题，转而考虑在目前情况下如何最好地筹措经费的眼前问题，我们首先就面临着一堆困难和矛盾。首先，正如已经指出的那样，为了私人利润而进行的科研经费筹措有一个根本不利的条件。一般说来，用于科研的费用不论在长远看来多么有利，并不能使原来出资的人得到好处。竞争的存在以及其所引起的保密的必要性构成又一个障碍。这两个障碍本身就使得人们有必要建立一个非常复杂和效率低下的制度。资本主义国家的科研就是通过这个制度，部分由工业界、部分由国家来提供经费。比这些困难更严重的困难是：为了国家经济和军事力量而对科学实行国家垄断的倾向日益增长。不过这并不等于说，在这些限制范围之内，就不能使科学经费筹措工作建立在比目前大多数国家的情况好一点的基础上。

科学界和工业界之间必须更好地相互了解　除开已经指出的阻力之外，还有一些理应是可以消除的阻力。这些阻力主要由于科学研究所的科研主任，企业经理和政府行政管理人员之间缺乏相互了解所致。目前科研经费筹措制度并不是精心设计出来的，它是不同发展项目的临时应付办法积累而成的。它的复杂性和低下效率主要是由于人们从来没有全盘加以检查的缘故。如能这样做，就应该既有可能为科学筹措到比目前多的经费，又能使钱花得更得当。要达到第一个目的，资本主义国家的科学必须让人们

知道自己的价值；而要做到这一步的有效办法是通过商业企业所发明的方法，即广告和宣传。至少是在英国，职业的道德准则迄今大体上使科学家们不愿采用这种方法。甚至也没有完善的科学新闻报导机构。在英国没有一家大报设有科学编辑，连拥有经常
317 性科学新闻采访记者的报纸也极少。美国的情况自然是好一点，但是即使在那里，重要的发明和应用也极少象在苏联的一切报纸上那样，被当做头条新闻刊登。由于大家不知道科学工作情况，它就不能得到人们的赏识，于是就不得不以转弯抹角的和特别的方法来筹款，结果就象我们已经指出的那样，促使科学家为那么一点点可以弄到手的金钱而进行了不体面的倾轧，而不是大家联合起来提出要求，以便为科学争取充份的预算。

科学基金 解决办法是设立某种集中的科学基金。尽管这个办法能否做到殊堪怀疑，技术上还是可行的。采用这个办法就可以把一切现有科学财源集中起来，而且可以用个人、企业和政府的补充津贴来作为补充。基金分配权将操在一个同前一节所说委员会相似的科学和工业委员会手中。要解决的最困难的问题与其说是资金分配，不如说是筹措经费的手段和不同来源的款项的相对比例。我们一开始就知道，在资本主义社会中不可能有一个统一的科学部门，因为各企业仍然需要科学工作的某一部分为它们自己的利益服务。不过如果各企业能够至少把科研经费的一部分用于牵涉整个行业的研究工作的话，我们就能够比目前更加接近于建立统一的科学部门。这便是英国建立研究协会时所采用的原则，不过还可以加以扩大以便包括现有工业的全部，而不是象目前那样仅包括全部工业的一半。在另一方面，至于对许多工业可能有帮助的更带有基本性质的科研和对整个社会有价值的科研，在目前条件下期望企业向这些研究项目捐款，那完全是痴人

做梦。在目前情况下，这种科研费用应由政府负担，也就是由纳税人直接地或间接地负担。实际上，议会科学委员会已经向政府提出了遵照这一原则设想的一个关于科学捐赠基金的方案，其主要内容见于附录。它的主要论点是：在应用科学中，研究项目需要十年期间才能达到可以实际应用的程度。所以，科学的需要同现时生产条件无关，而是在十年以后才会与之发生关系。源源不断供给经费是基本的必要条件，科研经费随商业循环而变化所造成的可悲结果已在上文谈过了(边码第45,60页)。有了一个捐赠基金，就可以在繁荣年代交进大笔款项，而在萧条时期就可以交纳小笔款项或者不交纳。这样就可以消除经费收入的波动，并且使科研 318
工作可以获得稳定的和缓慢增加的收入。同这个方案同时提出的还有关于扩大应用科学范围，把英国工业全部包括进去，而不是象现在这样仅包括其半数的建议。

官方的反对理由　不出所料，官方对议会科学委员会的建议作了否定的回答(见附录V)。咨询委员会的反对理由有两点：第一，政府捐款资助科研时，其数额超过工业家自己愿意捐助的程度是不适宜的。其次，捐赠基金的原则有其内在的缺陷。他们指出：虽然工业家对科学好处的认识可能来得很慢，不过还是有所提高的。为了说明为什么情况是这样，他们提到自己的报告书：

"在工业中应用和发展科学设想，有赖于彻底理解工业怎样利用科学和科学方法。只有在科学家和工业家对这种合作的问题加以研究后，才能做到充分应用和发展。在受过科学教育的人和大多数从事工业生产的人之间有着不同的训练、经验和观点。某些人希望科学得到合理利用以便为社会带来潜在好处。他们往往没有想到上述各种因素。科学家必须同工业家取得妥协。为此，我们最重要的任务之一，便是

妥善组织科研工作，以便促进同工业界的联系。……

有人催促我们立即建议大大增加国家科研开支以解决工业上的困难。我们认为：这种没有条件的发展是没有理由的。符合国家利益的合理的开支要看工业界在多大程度上普遍准备利用科学方法和科学知识的进展。只要我们象现在那样地确信，工业界正显得越来越准备有效地利用科学成果，我们就能够向国民说明为什么要采取不断发展科学以适应随时产生的新需要的政策。自1915年任命首届咨询委员会以来，我们的前任和我们自己就一直遵循着这一政策前进。"——《1930—31 年度报告书》。

他们的第二个论点是：政府的捐助已经不断有所增加了，虽然根据他们自己所列举的数字看来，在1928和1933年之间每年增加比率仅为百分之一又二分之一，在以后的五年中为百分之七又二分之一。这十分明显地说明商业循环的影响。他们显然是假定后一种增加比率可以永远继续下去。他们甚至一点也没有考虑过衰退
319 的可能性，而这个可能性现在已经变成了一个紧迫的现实了。反对捐赠基金的根据是：这样，基金就不能由议会加以控制了。这种议会控制权似乎只有理论上的重要性，因为在过去十五次的预算辩论中，科学部门的预算只占用了半小时。这个回答本身就等于完全承认我们目前经济和工业制度甚至无力为本身的利益来充分利用科学。在这种情况下，官方的意见大概是正确的，目前的科研经费筹措制度可能是现有经济体制下最好的办法了。

私人赠款　科学还有第三种收入来源——私人赠款；但是这必然是极难加以规划的。在现代条件下，这也许是筹措科研经费的最糟糕的办法了。这种捐赠不能不是极其无规律的而且金额大多是无法预料的，不过它的最糟糕的特点是这类基金的分配和

使用的一般目的。除了一些令人肃然起敬的例外情况外，现在人们把大笔钱交给科学界的原因是为了作宣传或者为了不受良心责备。一个企业或者个人对科学界的大笔捐款可能很有助于提高或保障施舍者的名誉。在英国，这可能是取得荣誉的捷径，在美国则会赢得普遍的尊敬。不过不论施舍的动机如何，大施主和潜在的施主成为一种经常存在的诱惑力，促使科学家个人或者集体勾心斗角要从这些捐赠中分得一点残羹冷炙。这些钱一般并不用于最急需的地方，而是落入最善于从富人那里争取捐助的科学家之手。结果，大量遗赠都浪费于砖瓦和灰浆①，或者浪费于能力差的或趋炎附势的科学家。更糟糕的是，获得这种捐助的机会促使科学界对富有者和他们的机构普遍采取奴颜婢膝的态度。大多数有激进思想的教授，一旦觉得自己的观点可能妨碍他们取得有助于他们最心爱的研究项目的经费，就不敢贸然发表意见了。经验已经证明，只有当基金金额数字很大、足够慢慢花用而且可以由公正而独立的委员会控制的时候，才能减少这些弊病。不过，没有一个基金，甚至包括洛克菲勒基金在内，有足够多的金额足以符合这些条件。如果有一个企业、政府和个人都向它捐助的总的科学捐赠基金，就可以消除目前的许多弊端。但即使这样，普遍存在的奉承现象必然会继续存在。 320

科学事业能否自给自足？　如果科学家自己能够从应用他们的发明所得的收益中分得可观的一份，筹措经费的问题就可以迎刃而解了。人们已经作过这种尝试，设法制订了科学发明专利取得办法以便使科研工作直接获得好处。最卓著的例子是威斯康星大学所取得的制造维生素D的专利权。不过总的来说，科学家

① 砖瓦和灰浆指建造房屋。——译者

本身并不赞同这种做法，因为他们明白，在大多数情况下，专利办法会阻止科学的有益成果的应用。在医学方面尤其如此。由于专利的限制，有益于整个人类的药品维持高价，以至只有最富有者才用得起。科学家感到自己参加这种交易是违反自己的基本原则的，虽然由于现有企业的排外性集团的缘故，他们不得不这样做。

不过除开这种道德上的考虑之外，任何通过专利来筹措科学经费的规划也还是有严重的实际困难的。目前不大有什么重要的专利交给大型垄断公司以外的企业来经营可以获得成功。有时，这些垄断企业把专利收买起来可能是值得的，不过一般来说，避开专利的规定要容易得多，而且在诉讼中，钱多的总是操胜算。总的说来，科学家本能地不参预商业还是一桩好事。由于他们专长不在此，亏损机会大概不少于赚钱机会。这种损失可能使整个科研部门无限期关闭并使许多人受苦。即使科学家在商业上取得成功，他们一般只能以牺牲自己的科学才能为代价，而且还得同意实行保密和刊登夸张的广告。这种夸张的广告是在商业上取得成功的必要条件，然而却和科学精神很不相容。

经济民族主义和计划性科学　在现代国家中，科学经费筹措工作中越来越重要的是它和国民经济的关系。事实上，某些国家可以能保全一些科学，几乎完全是由于这个缘故。例如在德国，政治生活的整个气氛是敌视科学精神的。血统和国土被认为比知识更重要，不过在现代世界中，他们也不得不勉强承认，血统和国土不足以保证国家荣誉和民族自由。他们由于两件事而需要科学：要使战争机器完善起来以及同一件事情的另一方面，要使国民
321 经济朝着自给自足方向而完善起来。虽然这是一个极端的例子，可是所有其他资本主义国家都明显存在同一倾向。例如，在英国，这一倾向促使政府成立和保持科学和工业研究部（见边码第30页）。

国民经济对科学所施的压力的效果主要是使应用科研朝两个方向发展：第一，是朝主要同军备有关的重工业，特别是冶金和化学工业发展；第二是在较小的程度上朝着解决食品的生产和保存问题的方向发展。这就扩大了物理学和生物学之间已经存在的不平衡。假如食品研究工作更带有生物学性质，这种不平衡当然不至于这样明显，可是我们在这里却遇上了现代政治的一个内在矛盾，即在政治上对农业的原始生产方法的关注。这种关注总是和经济上的民族主义同时存在的。由于不能得罪保守的地主和农民，所以有必要使农业保持原始状态，因为他们是内政上的反动力量和兵源的支柱。结果，社会把大量的化学人才用于制造合成食物，以免实行农业合理化所必需的比较小的行政和政治改革。食物保存的研究使组成大规模商品分配托拉斯的中间商人得到的好处实际上远远超过生产者或消费者。不过为了经济民族主义利益而发展科学可能也是有间接好处的，因为这第一次指明可以进行有组织的科学研究来解决涉及整个社会利益的问题，并且说明了，可以在美好的时代把这类有组织的研究工作从目前备战的轨道转移到造福社会的轨道上来。

科学自由

我们就这样地粗略描述了在两种不同类型的社会和经济环境中科学发展的可能性。这可能有助于说明一个要科学在其中发挥充分作用的社会组织的必要条件是什么。从根本上来说这是一个涉及面更广的问题——科学自由的问题。科学自由不单是对这个或那个研究项目或者理论不加禁止或限制，虽然今天在某些国家中，科学连这个最起码的自由也没有。充分的科学自由还不仅仅

以此为限。要是人们得不到经费，即使允许他们进行科研也是没有什么用处的。研究资金的缺乏象警察监视一样有效地妨碍科学
322 发展。不过即便提供了资金、而且在一定程度上是依照科学发展的内部需要提供的，科学还是没有充分自由。科学活动的整个周期并不因为有了一个发现就算完成了。只有当这个发现作为一个观念作为一种实际应用，被当代社会所充分吸收的时候，这个周期才算完成。

摧残 只有当科学在社会生活中可以起积极的作用，而不仅仅是供人思考的时候，科学才能充分发展。这当然就是科学在十七世纪和十九世纪初期大发展时代中所起的作用。那时资本主义破天荒第一次为有效地利用自然力量提供了机会。可是今天科学的利用越来越受限制而且被用于卑鄙的目的。科学自由的缺乏和对科学的滥用也转而影响它的内部发展。在建立了一个伟大的传统的学科中，科学还是有可能遵循那个传统的路线前进，可是在其余的学科中，例如在生物学和社会学方面，科学的进展已经无疑地受到阻碍了。和当代实际生活脱节的科学肯定要堕落到学究作风的地步。

可见整个科学经费筹措问题所具有的社会经济性质远远大于它所具有的纯科学性质。一旦科学在推动社会进步中起了公认的作用，依照一个合理计划为科学筹措充足经费的问题就不应该有什么困难。所需经费的总额是这样微不足道，除了遇上极大的危机或者在破坏性战争以后的重建时期，为科学研究找到充分的或者过于充分的经费理应是没有什么困难的。一旦把科学很好地组织起来，使大众能迅速而直接地受益，它的价值就会变得十分显著，把国民收入的百分之一、二拨给科学事业使用也就不会遇上什么困难了。这个数字将等于科学在今后二十年中可以吸收的经

费，而且相当于今天它在大多数资本主义国家中所吸收的金额的五至二十倍。需要做的事情很多，其限制因素将不是可以取得的经费数额，而是可以使用这些钱的人人数不足。在人类需要可以用我们现在无法设想的方式满足之前，科学有着得到充分利用的前景。

科学事业需要组织起来　我们已经讨论了科学组织工作的一般问题的各个不同方面。这种讨论不能不带有纸上谈兵的性质，因为我们所谈的都仅仅是将来可能存在的组织形式，所以提不出具体例子。在这种论述中，仅能考虑到一些可以估计的因素，然而更为重要的却是那些不可估计的因素。一种组织形式，不论规划得多么完善也不论它和总的社会规划结合得多么密切，如果它不能代表推行这个组织形式的人们的实际愿望，就毫无用处。因 323
此，只有主要根据科学家自己的态度以及公众对科学的态度，我们才能估计出任何改组科学的工作取得成功的可能性。不承认迄今在科学界还存在不信任任何组织形式的想法是没有用的。不过这种不信任部分地是来源于科学要保持本身自由，不受教会和经院式大学的蒙昧主义限制的老传统，部分地来源于国家控制科学的较为近期的经验。至于第一点，老是念念不忘科学界过去的斗争往往只会使人看不到眼前的真正危险：人们已经不再对科学进行全面压制，而是具体加以利用。应该把现代的科学自由看作是行动的自由而不仅是思想的自由。为此就有必要组织起来，不过科学组织形式要想起作用，就不能而且也不可能是不加考虑地从企业或者政府机关硬搬过来的那种组织形式。把科学置于这种纪律和常规的束缚之下，科学就肯定会夭折。目前受到这种束缚的很大一部分科学工作实际上已经死亡了。组织起来不一定就意味着受这种纪律和常规的束缚。正如我们已经设法证明的那样，它可

以既自由灵活，又井井有序。如果科学事业能保持以民主形式表达的民主精神作为它的主要核心，没有一个科学组织会失去科学的实际进步中所固有的团体精神和追求知识和争取造福人类的渴望。如果我们要拥有一个科学组织，主要要由科学家自己努力把它建立起来。他们如何才能做到这一点将在下一章予以讨论。

科学家和人民 不过建立科学组织不能单靠科学家自己，科学家不能强迫社会接受他们的服务；他们必须成为科学与社会之间自觉自愿的伙伴关系的一部分。可是这就意味着不从事科学工作的公众要更加充分认识科学的成就和发展的可能性。为了使科学充分发挥威力，也需要从经济上把社会妥善地组织起来，使普遍的人类福利——而不是私人利润和民族扩张——成为经济活动的基础。科学家也许会比目前社会中任何另外一部分比较富裕的人都更适合于这样的经济制度。因为科学事业一向是科学工作者的公社，彼此帮助，共享知识，它的个人或集体不追求超过研
324 究工作所需要的金钱或权力。他们一贯以理性的眼光和国际眼光看待问题，因此，从根本上来说，他们同力求把同甘共苦的原则不但扩大到知识界而且也扩大到社会和经济领域中去的运动是殊途同归的。为什么科学家或者社会还没有充分理解这个基本的共同点，将留待下章讨论。

第十三章　发展科学的战略

科学工作可以规划吗？

一旦解决了科学的充足经费和科学的完善组织问题，我们就面临着一个更为具体的问题：如何指导这个组织在科研及其应用方面进行工作。事实上，我们得制订一个科学规划。乍看起来，科学发展的战略问题似乎是无法解决的。科学就是发现人们过去所不知道的事物，在本质上是无法预知的。在许多人看来，科学发展的规划是一个语词矛盾。不过这种观点过于绝对；实际上，除非在某种程度上对科学工作加以规划，科学工作就无法进展。虽然我们的确不知道自己可能发现些什么，我们首先应该知道到哪里去找寻。某些短期规划一直是科学研究所固有的，长期规划则含蓄地体现于科研人员的培训中。例如，如果不是考虑到化学还需要研究五十年的话，就不会去培训化学家了。发展规划的确是这样含蓄地存在着的，不过它是传统和机会主义的混合物。我们的任务是用一个经过更加自觉的深思熟虑的规划来代替它。这个规划将在同时顾及科学发展的不可逆料的性质。

灵活性　要制订这样的规划显然需要一切科学领域的科学工作者通力合作。由此得出的不是一个实际规划，而是这样一群人所可能制订出来的那种规划的纲要。它称不上是一个确定的计划；当人们把不同学科的一切发展前景汇总在一起并编成一个科学总规划的时候，大家就可能发现原来的侧重点完全改变了。不

过即令只是为了促使大家向这一共同事业前进一步，也还是值得尝试编制一个计划的。任何这类规划的第一个要求将是灵活性。刻板地执行预订规划对于科学是再有害也不过了。现在几乎被人忘记的赫伯特·斯宾塞的社会学规划就是这样。计划需要定期地，
326 实际上是经常不断地修订。为整个科学制订五年或十年规划，并为各门学科制订较短的规划，也许是可行的，而且还应该规定可以修订，因为在任何时刻，新的综合性发现可能极为重要，以至要求对原先的规划进行全盘修改。在这个问题上，自觉的指导理应证明比目前无计划的科学发展灵活得多。由于缺乏有组织的预测，新发现的影响往往需要多年才能表现出来，甚至在其本领域中也是如此，而且还需要几十年才能进入其他科学领域。

全线推进 科学知识战线上的进展从来不是、而且也不应该是划一的。它总是包含一些凸出地带，在那里，进展容易而且迅速，在那里，未知领域的阵线被确定地突破了。在目前，凸出地带是核物理、量子化学、固体和液体结构、免疫学、胚胎学和遗传学。迄今的趋势是：大多数有才能的科研工作者，涌向这些地带，并且在其后面还拖了一大群才能较差的科研工作者，正象在淘金热潮中，跟在有经验的勘探者后面的人仅不过是想迅速发财而已。结果，没有出现惊人进展的其他科学领域可悲地遭到遗忘，而且由于失掉了本来很有前途的研究工作的知识，甚至可能倒退。就这样，化学在本世纪的成绩，同它在十九世纪所取得的巨大进展相比，就微不足道了。一旦这些被遗忘的科学发展地带受到人们的注意，借助从比较发展的学科借来的新原理和新方法，这些学科到时候就会变成最容易发展的学科。只要组织得更好一些，这个最后的进展就可能一直保持下去，科学知识就不致于失落而需要人们重新拾起。

受阻地点　在科学战线上，也有一些这样的地带：在那里，人们遇上了一条死胡同，在那里，某一条发展战线似乎进展不动，或者遇上了无法克服的理论或实际困难。将近十八世纪后半期的电学就处于这一状态。伽伐尼和伏打的发现把它从这种状态中拯救出来。十九世纪，在消色差显微镜发明出来以前，生物学一直没有进步。遗传学由于无法分析的原因，直到1900年为止始终进展不动。理论宇宙物理学在现今也进展不了。这些科学发展受阻的事例本身就意味着需要把科学工作加以全面组织。一个领域的科学工作者可能认为某些问题无法解决，可是在另一个领域中却可能已经有了现成答案了。如果情况不是这样，如果存在的困难完全超出了现代科学力所能及的范围以外，显然就需要把这个学科本身以及其邻近领域的最有才能的人员集中起来研究这些问题。因为恰恰是在科学观察看来无效或者得出相互矛盾的结果的领域，我们有最大的理由怀疑原来的理论是否有某种内在的 327
缺陷，因此我们也有最大的理由去组织新的突破以深入这些未知的领域。物理学在十九世纪末叶就处于这种状态，后来靠了一系列幸运的偶然事件才摆脱了这个局面。不难看出，假如当初对物理学有了更为全面的观点，并且对经常存在的不正常现象加以应有的注意，目前的局面可能老早就到来了。在科学史上，解释为什么没有某种发现，比解释为什么有这种发现要难得多。一个有组织的科学规划可能获得的一个确定好处便是能减少发生这种情况的次数。

扩大战线　此外，还存在着从来没有人进行科学研究的未知领域。科学战线仍然是过于狭窄了。扩大科学战线是可以为科学本身和整个人类都带来好处的。我们仍然遵照传统来管理我们的很大一部分生活。我们感到这些传统多少是有用处的，然而它

们却没有科学根据。在最近二十年以前，我们甚至还不明白或者不肯费神，从科学角度研究一下我们吃饭睡觉或者养育子女的问题，甚至到现在，我们的整个家庭事务——吃饭、洗衣和烹调等等——还没有受到科学的过问，极其有限的和具有商业目的的那种科学除外。在纯科学世界中，各学科之间仍然存在实际上未经探索的广大地区。物理化学和生物化学的巨大成就就是填补这种空白的例子。不过生理学和心理学之间以及心理学、社会学和经济学之间的空白大体上还没有填补上。任何完善的规划都应对这些情况加以特别考虑，而且要把现有的一部分最精锐的兵力布置到这些领域中来。

过去二百年来科学分支的迅速增加说明科学智慧能进入多少新领域。同时这种局面也对科学造成局部损失，因为原来的单一的领域现在分裂为若干部门，彼此之间在开头很少联系。物理和化学一度是不能区分的，在十八世纪末，它们明确地分家了。到了十九世纪中叶，人们感到有必要建立一门新学科物理化学，以便把两者联系起来。科学组织工作应该保证这种联系经常保持下去，而不是事后才想起建立这样的联系。任何学科取得进展都应立即向一切其他学科提供情报。显然要求一切其他学科的科研工作者把某一个学科的成果全都吸收下来，并不能达到这一目的。科学出版物有责任保证这些成果的交流。哪一个领域可能需要这
328 种资料，就应把这些成果编写成短小精干易于理解的资料供给哪一个领域，而不是仅仅提供原始资料。应该鼓励新工作人员进入中间地带，以保证科学前线上的工作的不间断的连续性。

巩固阵地 需要考虑的不仅仅是科学进展的前线。一旦取得进展，就要加以巩固。我们现在研究历代科学家们的生平和工作的好处之一，便是可以从中得到很多启示，这些启示过去一直

没有挖掘出来，但对未来的发展却是很有意义的。这意味着他们当时的很大一部分工作都是白做了。其所以如此并不是因为他们无法逐一地研究这些问题并在这些问题中的任何一个问题上取得进展，而是因为他们本身实际上不可能在所有这些问题上全都取得进展。他们也缺乏由能够研究这些问题的合作者组成的足够的学派。保证人们在最迅速的科学进展之后展开充分的大规模合作性后继研究并且不让有前途的开端湮没不闻，这是科学工作组织规划的一个重要部分。

最后，在一门新的学问的主要轮廓已经十分明显之后，打扫战场的工作总是值得进行的。总是有一些细心和工作有条理的工作者宁愿担任日常性工作而不愿当开路先锋，可以责成他们来详细研究普遍性理论的含义。我们所以有必要这样做不是由于我们有一种学究式的愿望，要想使理论无所不包，而且是由于我们明白：往往正是通过这种耐心的研究才找出理论失效的事例，而这些事例又可能转过来成为新的和有意义的修正的起点。

理论的重要性　除非创立充分的和全面性的理论来为新发现奠定巩固基础，否则科学的进展就没什么价值。我们已经看到，过去，在许多学科中，特别是在生物学中，一方面不断地有人进行重复的而且同别人不相配合的实验工作，另一方面，也不断地有人建立同事实没有充分联系的普遍性理论。如果科学实验者和理论家不是同一个人，应当加强他们之间的联系。这并不是说理论可以按照订单创立出来。建立新理论仍然将是思想家个人的最无法预料的特权之一。我们可能做到的是：向任何希望在某一领域进行综合工作的人提供经过整理、可以一次吸收的、该领域中过去的一切研究成果，而不要让他们通过大量调查和学术研究才能零零星星地把这些资料搜罗到一起。有条不紊地发展科学理应

会使目前的状况一去不复返。目前，在一个领域重新进行研究往
329 往要比查明这个领域过去有什么可靠的研究成果容易一些，而其所以如此并不是因为以前没有研究成果，而是研究成果重复太多。我们的目标必须是促使理论尽可能和实验的结果密切吻合而且还能为以后的实验指出方向。

经常的修正　妨碍科学进步的因素不单是缺乏理论；过时的理论对新发展所起的拖后腿作用也是同样严重的。老传统的压力束缚并挫伤了活泼的思想。只要科学界单是由老人掌权，就一定会发生这种情况。我们已经提出的补救办法——由青年人参加的实验室委员会辅助个人指导科研工作——是摆脱这个困难的一个方法。另一个方法是保证每隔一时期研究室主任可以脱产学习，以便使他有时间赶上时代，如果他们的思想还没有僵化，能够做到这一点的话。在制订科学发展规划时，应该更进一步地指出：在任何科学领域中，一旦一个新理论否定了旧的观念，就要毫不拖延地在那个领域进行彻底的修正。当然，由于旧的理论曾经在自己的时代证明是令人满意的，它们一定也有值得重视的成分。这些成分并不一定都包含在新理论中。有时老理论的某些方面会重新出现在后来的第三种理论之中。光的波动说和粒子说就是这样。在根据新理论对任何科学领域进行修正时，应当把这些因素考虑进去，不过这些因素的存在并不能作为一种理由，让新旧知识永远互相矛盾地混在一起。目前，这种新旧知识的大杂烩就被当做科学传授给别人。只要理论有了充分发展，在没有理论的情况下，只要人们对实验知识作出了有条理的归纳，在任何时候都应该有可能对现有知识作出全面综述。这种综述能够根据研究的性质，提供详略程度不等的有关各种事实和技术的综合性说明，作为科研和实践的任何领域的工作基础（见边码第297

页)。

基本研究和应用研究的平衡 任何发展科学的规划都应该始终在基本研究和应用研究之间保持一个适当的比例，并且要使两者之间始终保持最密切的联系。我们已经在别的地方讨论过做到这一步的具体组织形式，即成套的研究所。人们将通过这些研究所把田间和车间生产问题归结为基本科研问题，然后逐级加以解决，一直到最后加以实际应用。不过在这种组织形式中，不同 330
部门的工作人员的人数和质量及不同部门拥有的经费之间，必须有适当比例。这种比例必然随不同的学科和不同的时间而有所不同。如果在某些领域中全面性的基础理论在涉及具体实践的范围内已经为人们所公认，例如在化学或物理学中，就应该对应用方面给予极大的重视。在生物学方面，需要进行比目前多得多的基本研究工作，不过把任何领域中的基本研究和应用研究割裂开来当然都是不大自然的，尤其是在我们刚刚开始获得精确知识的领域里。社会学、经济学和政治理论研究之所以不出成果，主要是由于它们没有同这些领域的实践结合起来。研究社会科学甚至比研究物质世界更需要同社会活动结合。

第一阶段：对科学作全面调查

规划科学发展总方向的第一阶段是，在我们已经说明的意义上，对人类生活各个领域的现有知识和技术进行一次全面调查。只要进行这样的调查就一定要对科学的一切分支进行进一步的调查。这并不是一个新主意。在科学大发展的其他时代前夕，都采用过这个办法。皇家学会的创始人在十七世纪和法国大百科全书派在十八世纪都开展过若干次全面调查，不过我们可以在比他们

高得多的水平上开始。*

大自然的世界和人的世界　必须对两个主要的调查和活动领域加以考虑。在其中一个领域中，即在大自然的世界里，我们面临着如何替人——作为一个生理学单元——找到和创造最优环境的问题。这就牵涉到全部具体技术和其背后的自然科学的全部内容，还牵涉到建立在比我们目前拥有的深刻得多的生物学知识基础上的生物学技术。我们必须理解人类产生以前自然界的全部过程，才能为人类进取精神创造最好的生物学背景。自然科学的学科，如天文学和群论，不管如何生僻或抽象，都不是同这一目的无关的。在第二个地带，即社会的世界里，问题已经变得比生物学上的生存问题更为急迫了。对社会、种族和阶级在经济上和政治上交互作用的整个过程的理解和综合，要达到比我们目前有办法做到的高得多的程度。而且在将来，人类的社会方面显然会变得相对来说愈加重要。不仅人类的生物学上的需要将更容易得到满足，而且他还将创造出一个社会的世界，其复杂程度将远远超
331 出他最初所在的自然的世界。直到现在，社会的世界虽然是由有意识的力量创造出来的，却是无意识地创造出来的。在将来，社会的意识一定要成为社会变革的决定力量，而且这种认识不能不影响到眼前科学发展的方向。

需要真正起作用的社会科学　事情已经愈来愈明显，我们有必要把所谓科学的左派——生物学、尤其是社会学和经济学——提高到物理学和化学早期发展的水平上去。这不单是为这些学科的研究提供更多经费的问题，也不只是吸引有很大才能的工作者到这些学科中来的问题。生物学的、特别是社会学的重大困

* 目前正在为这类全面调查工作制定三个规划。

难，以及人们所以觉得它们不是真正的科学，而只是伪科学的根据是：它们和现实生活没有足够的积极关系。物理学家或者化学家所要发现的种种技术，只要有其内在的功效，就完全有希望直接用来为人类造福。象我们已经讨论过的那样，的确也存在一些弊病，而且愈来愈多，然而这些弊病还不足以使整个工作从根本上来说，看起来是无效劳动。就生物学家来说，他的研究成果还很有可能在医学上得到应用。可是农学家却面临着这样的一个世界：在那里，当务之急不是去发展而是去限制生产，以致使生物学发现的巨大潜力根本没有希望得到实际使用。社会学的情况就更糟了。不仅一切社会学家都没有行政权力，以致社会学根本不能成为一门实验科学，而且对社会体制的研究本身一旦看起来会引起人们对现存社会制度的批判，就遭到阻碍并且被引到毫无成果、单纯描写性的学术水平上去。要想把生物学和社会学纳入正规，就必需使它们同正在改变生物学环境和社会本身的实际力量密切结合起来(见边码第341页)。

科学的前景

在研究了科学发展的这些比较一般的问题以后，我们就可以转而研究科学发展的眼前的具体前景。这种前景可以从两方面来看，既可以从发展科学技术和理论的观点来看，又可以从满足人类需要的观点来看。前者极其明显地决定了科学发展的眼前的内在可能性，后者则决定其长期的趋向。自然，如果有可能提供一幅同时显出这两个方面的科学发展的图景，那就更好了。不过这样的一幅图景几乎一定会由于包罗万象而失去其清晰性。所以，在 332
本章及下一章，我们将相继对这两方面加以介绍。我们还要在本

章中说明怎样才可以利用科学的发展来帮助满足人类需要，并且在下一章中说明人类需要为什么可以促进科学发展。

未完成的任务 自然世界的图景一向就十分清晰，使我们可以看出迄今哪些任务是最重要的未竟工作。这些工作便是在自然科学的边缘上探索目前无法知道的根本机制、或者不如说隐蔽的机制，并且探索各学科之间，如物理学同化学之间、化学同生物学之间、生物学同社会学之间以及最后，社会学同心理学之间的联系环节。究竟是否能够把这几类现象联结成为一个整体，其实并不重要。重要的是，我们要知道：关于这些中间性环节，还有多得多的东西需要我们去发现，而且由于我们目前对这些中间环节一无所知，我们至今仍然根本无法充分理解这些中间环节本身的意义。在这些中间环节当中，有一个中间环节，即物理学与化学之间的空白，已经大部分填补了。由于量子论的创立，我们已经可以象解释电和光这两种物理现象一样地来解释化合和亲和力这两种化学现象了。在这个过程中，我们对古典化学的认识也深刻得多了。无疑，对于生物学的化学基础的进一步认识，同样会有助于说明先前认为是纯生物学问题的一些问题。事实上，最新趋势的最显著成果之一便是通过研究维生素和荷尔蒙之类比较简单的化学物质的效应而阐明了生理行为乃至心理行为。这并不是说，我们为了研究中间性课题应该忽略中心课题，而是说中心课题有可能从中间性课题中取得进行实验的新动力和建立理论的新基础。以下，我们要对科学研究的近期前景，尤其是从物理学到数学的各种中间地带的近期前景，作一番扼要的叙述，这种叙述当然不能不是十分一般化的。

物　理　学

在物理学中，对物质世界的隐蔽本质的探索，当然也就是探索宇宙中最微小，最迅速，最富有活力和最遥远、最古老的部分。对原子核的研究同时也就是对星球内部以及银河系的起源和发展 333
的研究。不仅如此，由于越出了我们普通人的经验，这种研究使我们称之为自然法则的各项实践行为准则受到最严峻的考验，并且有助于分清究竟在多大程度上，这些准则从任何意义上来说都是终极的准则，而且究竟在多大程度上，这些准则只是近似的实践准则，适合于具有我们这样的体积和生活节奏的动物。例如，人们也许会发现，在生物学和工业应用中都极为重要的能量不灭定律适用于或不适用于各个粒子和光的射线的交互作用。但不论结果如何，这个研究必然会使我们对宏观世界中能量不灭的意义有更多了解。理论物理学标志着我们知识的外层边界。它必然不仅能吸引最有创造才能的人而且也能吸引最善于思考的人。它的不少最概括的结论几乎不可避免地夹杂着有意无意地从前科学时代的信仰中汲取来的神秘的和形而上学的直觉成分，数量之多不下于从观察和实验得来的合理归纳成分。将来的工作有很大一部分将是如何消除这些妨碍发展的成分，不过要做到这一点，就有必要把我们解决物理学问题的方法建立在对宇宙及其发展有全面认识的更广阔的基础上。

现代物理学不但在理论方面大有可为。它所包含的技术，如高压电，真空管和振荡电路，也可以用来改造许多其他学科，而且这些技术本身就是物理学和电器工业之间的一条有用的直接联系纽带。双方已经有了一种十分复杂的互利关系。科学界拿出有

技术价值的设想，并作为报酬，接受进一步发展所必需的经费和新工具。电子管和振荡电路，如能进一步发展，将在科学界内外具有重要意义。电子显微镜已经是既成事实了。它的性能已经超过光学显微镜好几倍；电视的发展也同它有关。现在凡是能影响任何种类的辐射的东西都可以被人类观察到，能够穿透云雾见物的红外线望远镜已臻于完善。现在只要把这些方法用来解决其他学科的问题就可以引起一场同望远镜和显微镜所带来的革命相类似的革命。

振荡电路的新组合的可能性是无穷的。在具有数学和电器发明才能的人员的适当合作下，可以在愈来愈大的程度上利用它们来代替运算过程。数学正随着这种应用变得机械化，不过在同时也开辟了一个数学化机器的新时代。这些新的数学物理方法可以
334 用来控制仪器和机器，不是象迄今这样仅仅用于把人的意志传达给机器，而是用它来实际代替人进行观察和控制。已经可以通过红外线眼来监视工序，并且还能够找出肉眼看不到的差错。我们将来有可能建立一门新机械学。在其中，人类的智慧将主要用以设计完全自动运行、自动调节、自动修理的机器，从根本上消除由人来看管机器的必要性。

核物理学现在已经开始提供更大的无法预见的可能性了。元素的嬗变已成为事实了，目前还是在半微观的规模上，不过已经发展得足以对化学和生物具有巨大价值了。通过诸如放射性钠或放射性磷之类的新放射性元素，我们现在有了追踪单个原子运动的方法；因而也就是有了直接揭开消化和新陈代谢的秘密的方法。生物学应该准备充分利用这些方法去进行大量工作。

物质的结构 主要研究材料性质的几门较古老而且大半被人遗忘的物理学分支，现在正处于迅速改造的过程。直至前不久，

只有在研究电场和粒子的碰撞时，物理学才涉及物质的内部结构；此外仅是根据对物质性质的初步认识而提出一些概括的概念——硬度、弹性、可塑性等。这些概念是可以加以利用，然而却根本无法加以说明。最近，光学方面的发展以及对物质进行X射线和电子研究方面的发展已经完全改变了这种状态。物理学的一个巨大的新分支正在出现中。它和化学发生联系并且涉及固体或液体物质的结构。它的第一阶段是对现有形态的物质的原子结构进行研究。研究的结果，人们已经对技术性材料——金属、陶瓷、纤维等——的性质有所了解。所以需要朝这一方向发展是因为有可能创造出新的材料，不是用盲目实验的方法来创造新材料（这种方法永不会创造什么崭新的东西），而是通过充分利用结构理论来创造新材料，目的就在于使新材料具有人们所希望的任何性质。

我们对固体物质的认识已经越过认识结构的阶段而进一步力求理解结构是怎样改变的。摩擦和可塑性变形都同样地伴有局部发热和甚至材料熔解的现象。英国和苏联在这一方面同时开展的研究，必将对有关金属加工以及轴承、润滑、摩擦电、甚至还有 335
火药爆炸问题的工艺过程产生深刻影响。另一个极有希望的领域是关于物质的边沿和表面的研究。这种研究在理论上的优点是可以展示物质的两维特点而不是三维特点，不过这种研究对于腐蚀、吸收、矿物浮选、催化以及物理学和化学边沿上的其他方法也具有极大的实用价值。

地球物理学　现代物理学范围扩大的结果之一，是现在已经有可能解释而不仅仅是描写我们地球的变化。这是牵涉核物理学的宇宙问题的一个特殊方面，因为我们必须到核物理学中去寻找构成地球的各种元素有的多有的少的原因。不过，这些元素互相分开的原因以及这些元素在地壳或地球内部不同部分的分布情

况，却是需要由新的晶体物理学加以研究的问题，同时在这个过程中，人们也许就能解答关于大陆和山脉的起源的历史问题以及关于地震原因和地震预测的眼前实际问题。在这里，迅速发展的地球物理学方法——重力、磁力、电气和振动方法——在理论方面以及在它们对合理勘探矿藏的贡献方面都有极大的前途。我们对地球表面的变化、即大气层和水界的问题当然尤其感到兴趣。不但这些问题对飞行、水力、渔业和航行等等的实际重要性大大增加了，而且现在我们开始认识到，它们对科学也有很大意义的，因为它们从本质上阐明了表面上看来毫无道理可言的生命的化学构成，因而也从本质上阐明了生命的起源。地质学本身仅能对这个问题为我们提供一半答案，另一半须由化学来提供。

化　学

过去一百五十年中化学的进展都应归功于拉瓦锡所开创的化学大革命在实践中的应用。不过，人们还没有充分认识到在过去十年中已经由于应用了新的量子力学以及光谱分析和X射线分析等新方法而产生了另一场规模大得多的革命。我们现在已经可以把电子和原子核的力学系统的行为和久已熟知的化学反应联系起来。起初，这当然仅仅促使人们对化学重新进行解释，不过，事情必然不是到此为止，必然还会建立一门比十九世纪的化学合理
336 得多的新化学，就象十九世纪的化学比先前的实验化学更为合理那样。现在已经可以清楚地看出，早期化学所以表面上看来很简单，主要是由于它几乎仅仅研究单盐和气体分子。它把凡是无法解释的最基本的现象，如构成岩石的硅酸盐或者金属及其矿石的现象，干脆搁在一边。新方法已经把这一切都改变过来了，而且可

能带来更大的变化。人们对硅酸盐化学，已有充分理解，说明它仅是单盐的电化学原理在结晶状态的复合条件下的应用。不过这种认识，必然会对地质学与陶瓷、玻璃和水泥工业具有极大重要性。

金属 在另一方面，金属化学证明具有与化学其余分支完全不同的性质。这种性质是由游离电子的存在所决定的。游离电子使金属具有特殊的光泽。虽然我们现代文明几乎完全建立在使用金属和合金的基础上，直到十年前，我们对金属和合金的全部知识都是通过尝试错误方法得来的纯经验知识。这种方法和文明初期冶金工匠的方法在性质上毫无二致。我们现在借助X射线已经有办法对金属结构这行分析，而且借助电子说已经有办法把这些结构同金属性能(机械性能，导电性能等等)联系起来。这便意味着合理冶金学的诞生。它在技术应用方面具有无法估量的潜力，不过这些技术应用在过去和今天都由于我们的科学和工业组织形式的不合理的混乱状态而受到阻碍。

反应 在化学的其他方面，可望产生不那么基本但却是同等重要的发展。在某种意义上，分子化学的静态问题已经获得解决了。我们已经知道了、或者说在大多数情况下我们都有办法搞清，分子的化学结构是什么。现在最令人感到兴趣的是动态方面，即某些分子怎样变成其他分子的问题。这个问题的解决将为我们提供新的合成方法，不过更重要的是，这将有助于填补实验室化学与生活化学之间的空白。除了蛋白质以外，我们已经知道了在生命过程中起作用的大多数分子的结构。在某些情况下，我们甚至能够把它们合成，不过我们对于这些物质怎样在活的动物或植物中制造出来，大体上仍然完全茫无所知。

化学的改造 为了要解决这个问题，单单考虑古典化学是

337 不够的；我们必须运用全部现代物理学知识。在科学目前所处的状态下，由于学科之间缺乏相互了解以及由于古典化学的所谓既得利益集团的作梗，这个过程受到阻碍。化学工业在十九世纪的大发展使化学家成为科学家中人数最多、成份最均匀的集团。化学家的人数比一切其他科学家加在一起还要多。化学技术往往变成一个对外不公开的体系，只有熟手才会操作。对来自外界的技术总是迟迟不予采用。例如X射线结晶学方法可以大大简化从事研究工作的化学家和工厂化学家的工作，但是经过十五年之久还没有被采用，在目前状况下还可能再搁置五十年才会普遍使用。

胶质和蛋白质 我们逐渐越来越明白，生命的基本特点带有胶质化学性质，同最重要的生命过程有重大关系的结构并不是细胞、细胞核、染色体等等组成的比较粗糙的结构，而是蛋白质分子、蛋白质和多糖链或膜组成的精细结构。迄今我们一直把胶质看作是天然的。现在我们逐渐开始知道胶质粒子是由于某种程度的聚合(亦即许多分子的聚集)而形成的，就是这种聚合产生了纤维素和橡胶之类的纤维物质。最最重要的胶状物质是蛋白质，不论它是以球状分子的形态出现、以纤维的形态出现，还是以膜的形态出现。一旦我们解决了蛋白质的问题（包括如何解释蛋白质作为酶的化学作用，如酵母菌在发酵过程中或胃蛋白酶在消化过程中的作用)，我们就将朝着填补生命系统和无生命系统之间的空白迈进一大步。恩格斯说过："生命是蛋白质存在的形式。"我们不久就能够对他的话进行检验了。*从实用来说，关于胶质和生物化学的知识对于影响人类生活的主要工业当然是极为重要

* 自从写出这句话以来，人们已经证明：一直被看作是现有生命的最简单形态的病毒，如果不是全部地，也主要是由特异的核蛋白质构成的。

的。粮食生产、储藏和加工的改进；纺织、制革和橡胶工业的改进都有赖于这些科学的发展。

生　物　学

生物学的两个长期未能解决的大问题是功能和起源。生物如何生活？它们怎么会变成这样？上一世纪的生物学主要研究生物的形态。现在我们知道，这些形态同它们在动物生活中所起的功能是不可分割的。形态学和生理学正在融合为一体。但是一个有 338
机体并不是一个现成的东西。它是一个在个体生命的进程中不断重复，而在生命演化进程中只出现一次的过程。胚胎学、遗传学和进化都是另一个问题——即物种起源问题——的组成部分。如果没有它，就无法解决功能的问题。近年来，这两个方面都面目一新。人们认为，我们在生物身上粗粗观察到的现象——生物的微观和宏观外表、它们的运动、它们的明显的生长，发育和异同——仅仅是一种物理化学结构的隐蔽的化学变化的表面迹象，这个结构本身极为复杂而古老。眼前的一个大问题是如何理解生命的过程和发展的化学基础。将来，生物化学一定会在许多其他学科都望尘莫及的规模上发展。因为我们现在才仅仅开始知道存在着一些我们还无法解答的问题。有机体的化学平衡过程、食物中氧化剂及荷尔蒙和维生素之类特殊化合物的具体相互作用都得一一查明。在这样做的时候，我们将发现许多新方法，可以用来在迄今做梦也没有想到过的程度上控制生命。

生物化学　发展有效医学的主要希望就寄托在这种分析上。将近上世纪末，随着细菌学的各种发现，医学就开始从半经验性、半巫术性的实践向一门应用科学过渡。——不过这种过渡

才刚刚开始。细菌和病毒引起的疾病是对身体的一种外来侵袭；在一切其他疾病中，以及在不少由细菌引起的疾病中，主要的因素是身体本身的功能在自然化学物质的平衡方面出了毛病。了解这些物质在人们健康和生病时起什么作用，是合理控制疾病的第一步。由于分析糖尿病和恶性贫血的病情，人们发现了一种特殊的物质和一种治疗方法。有必要把这种分析方法推广应用到一切其他疾病上去。对两个主要的、未解决的疾病问题，即硬化症和癌的问题，才刚刚开始研究。这两种疾病是造成老年人死亡的主要原因。由于有关医学的生化研究规划处理不当，过分强调化学方面，由于医学界和药品制造商既得利益集团的阻挠，这方面的研究始终没有进展。一旦这些阻力消除了，一旦胶质化学家和生物化学家、生理学家及病理学家之间建立了有组织的合作，进展将会是迅速的。

生物物理学 与此同时，人们也不会忽略生命的物理方面。
339 现代物理学已经进入生物学，力图解释运动和感觉的基本机制。肌肉收缩，神经脉冲的传导，消化和分泌，既是化学现象，也是物理现象。不过生物物理学家的任务才刚刚开始。一切检查物质的结构和变化的新方法——电子显微镜，X 射线分析，紫外线和偏振显微镜，热、电和声音探测器——都应该用于生物学，并且应该交给既能从物理学上又能从生物学上理解自己所发现的事物的意义的人员来使用。同较老的组织学家的方法或者生物化学家的方法比起来，这种方法的重大价值在于：有了精密的技术，就比较容易接近于详细研究一个完整的动物或植物的机制。从效率和协调的观点来看，高级动物的机制非常有效率，对这些机制的研究必定会有助于说明许多其他机制和组织问题，特别是社会协调的问题。科学的主要问题之一是神经控制的复杂机制，直到对人类大脑作

用的解释问题。在这个问题上，生物物理学必然和生物化学及对动物行为的研究一起占有主导地位。

胚胎学　我们对于功能的认识，如果不同物种起源和发展的研究密切结合起来，就会有完全畸形的发展。批评机械论者的人说得对：单是对一个有机体的功能的解释，不管多么完备，都根本不是对这个有机体的解释。不过仍然存在两个大问题：一个是胚胞学的问题，即一个复杂的有机体怎样按照一个预先存在的模式从一个表面上毫无形态可言的卵中发展出来；还有一个问题是遗传学问题，即这个模式是怎样由直接的相似亲体决定的，又怎样是由较远的不相似亲体决定的。胚胎学本身变得愈来愈化学化了，而且以后还要更加如此。*在这里，肉眼可见的结构是作为看不见的，也许还是极其复杂的化学变化的结果出现的。胚胞学的范围现在远远超出对幼小动物的研究。它适用于一切组织再生和退化问题，衰老的问题，创口的愈合和恶性疾病的问题。培养组织和器官的新技术使我们觉得我们终于开始了解、而且在将来还能够复制出，有生命的物质的发育过程。这种控制能力对人类可能具有何等意义，还难以想象。至少它将标志着人们向征服疾病迈进一大步。

细胞核和遗传学　不过生命的核心埋藏得还要深一些。一切生理学和胚胎学都促使人们去研究细胞核。细胞核本身包含着有机体的特异的和可遗传的特性。染色体中的基因和单一遗传因 340
子之间的联系的发现，同量子论并列为二十世纪初期的重大发现；不过它仍仅是刻卜勒式的发现而不是牛顿式的发现。我们知道，染色体中的某些物质点同发育中的机体的某些变化群体有确

* 参看李约瑟著《化学胚胎学》。

定的联系，而且最终同成人机体的某些特性有确定的联系，可是两者之间的联系的性质是完全不清楚的。不仅生物学界的，而且连物理学界和化学界的最有才能的人士都亟欲解决这个问题，因为有了基因，我们就达到同大化学分子相当的层次。除了这个问题之外，还存在着遗传结构的起源的问题。这个问题可以促使人们从进化问题进而研究生命本身起源问题。在这里生物学又同地质学和宇宙学问题联系起来。我们有了关于遗传学的新知识，现在就有可能回头来看达尔文提了出来、但却没有加以解决的问题，即物种的起源以及它们在时间和空间中的分布。现在已经不需要去证实进化的客观事实了，而是需要对进化的作用方式加以详细分析。不过在这些问题获得解决之前，遗传学早已为我们提供了另一个完全与此无关的方法，即通过选择育种、甚至创造变异的办法来改造生物。自从发明了农业和牲畜驯养以来，人类从来没有能象现在利用遗传学可以做到的那样来控制有机体的发育。

生态学　为了理解并且控制生命，对有机体之间的关系的研究也和对人为孤立状态中的有机体的研究同等重要。动物和植物界之间形成了一个十分平衡的化学和物理交换体系，不过这个体系却不是固定不变的；它因时因地而异，特别是要在人类的干预下产生变化。农业意味着一门新形态学的设立。它除了生产出它的直接对象——人类重视的产品——以外，还产生了许多其他的结果，从人类的观点来看，有些结果是很不好的。生物学家研究了谷物和家畜之间的关系、土壤细菌和害虫之间的关系，得益极大。他们是为了农民的经济利益而去从事这些研究的；有了一个组织得合理的农业，可以预计我们的知识还会大大扩大。

整个寄生现象问题是关于有机体之间关系的研究的一个特殊方面。在这里，科学和医学又是彼此都可以从对方得到很大好处。

在过去几年中，各种比较原始的传染病已经被人类有效地制止住
了，不过我们还远远不能充分理解感染和免疫的机制。有了这种知
识，我们也许就不仅能够防止感染的不良后果，而且还能够在某 341
些情况下真的利用人体和细菌的反应来促进健康。感染和免疫所
包含的反应是极其微妙的化学作用，这一点变得越来越清楚了。
对这种复杂的生物学过程的研究又会为理解许多实验室化学的问
题提供新的手段。

动物行为 联系动物所处的环境对动物行为进行的研究可望有重大发展。我们直到最近才开始明白，把动物放置在某些明确规定的环境中，通过研究它们的行为，就可以运用逻辑方法在一定程度上发现我们所谓的人类思维和记忆的机制。这样我们就可以实现巫师想要学会鸟兽语言的愿望了。旧石器时代的猎人和新石器时代的驯兽者已经做到这一步，当然是凭直觉做到的，正象至今动物的爱好者也可以做到这一步一样。不过应该把这种知识从迷信和感情交织而成的罗网中解放出来。从太古以来，这种迷信和感情就是人类和动物之间的关系的特点。这种知识不但将使我们能够和动物建立新的理解和关系，而且将使我们能够对自己的行为也有深刻的认识。

动物社会 对动物社会的研究，不管是短期的，还是长期的，都必然能够阐明一个对我们，或许对宇宙都有重大意义的问题——人类的起源。我们现在认识到人类不但是高等哺乳动物，而且在性质上也和一切其他哺乳动物不同，因为人类是由自己创造出来的，他是自己身为其一份子的社会的产物。要弄清大约二千万年前使这一转变成为可能的初期趋势，不论是性结合的趋势还是原始经济结合的趋势，需要集中生物学家，地质学家和历史学家的力量来一起研究这个课题。正是由于人类社会本身必然带

着自己起源的痕迹，所以关于这种起源的知识对于了解和管理现有社会是极为重要的。而了解和管理现有社会则是一个驾凌于一切之上的急迫问题。

社会科学和心理学

很明显，为了解决社会结构和管理的问题，我们将需要把人才空前未有地集中在动物心理学和人类心理学领域。自然，危险在于：我们所生活的社会并无从事这种研究的充分动机。事实上，
342 要是老老实实进行这种研究，就不能不危及这个社会的形式。在另一方面，我们如果不进行这些研究就要保持一种极其矛盾的现象——一方面，我们达到了目前的文明，另一方面，我们又可以看到精心策划的野蛮行为和贪得无厌、自取灭亡的愚蠢行径。在这里，理论和实际之间的矛盾当然是再明显不过的了。物理学的以至生物学的发现，尽管会被拖延时日，一般总是迟早会得到应用的；可是社会学或者经济学的发现却仅仅被看做是学术研究。而且要是这些发现看上去意味着可以用不同的方法来更好地管理世界的话，人们甚至可能给它们加上具有倾向性的罪名而加以禁止。因此，我们无法脱离社会科学各学科所处的社会发展阶段来预测社会科学，人类学，心理学和经济学的发展前途。只要目前经济制度存在下去，这些学科就注定要继续处于描写性，会诊性和学术性状态；凡是法西斯主义取代这种社会制度的地方，这些学科就会首先被糟塌得不成样子。只有在非常关心提供最大福利的社会化经济中，才可能期望社会科学得到充分发展。因为在那里，它们需要在实践中和在理论上都成为社会生活机器的一个不可分割的部分。社会科学在性质上不同于自然科学之处在于：社会科学

所研究的不是服从一定规律、因而可以进行精确实验的各种一再重复的状态，而是一个由内在条件制约的、独特的发展过程。我们不能把人类心理学归结为研究机体对其环境的反应的学问，因为人在其自身内部就以不同于其他有机体的方式体现着自他诞生以来就对他发生作用的社会影响的结果。弗洛伊德的著作就是研究此类社会影响中的一种社会影响——即家庭影响——的后果的开端，不过这是极其不完全的分析，因为家庭本身就同经济和社会影响密切联系在一起，而这些经济和社会影响也起着自己的直接作用。心理学在很大程度上还只是一门伪科学。它包含着很多根深蒂固的形而上学观念和宗教观念。科学史已经说明，要把这些观念消除才能达到有效的客观性。

社会学更是一门伪科学。它所研究的单元是不确定的，而且是变化多端的。但是它可以同具体客观的、经济学的和人类学的研究结合起来一起发展，研究范围不但要涉及野蛮种族，而且也要涉及文明社会。只有联系社会、经济和心理形态的起源，才能对这些形态进行充分的研究。这个方法主要应归功于马克思。由于缺乏这个方法，一些高度抽象的和传统性的学科与历史之间发生了致命的脱节现象。前者接受了一些固定的范畴——人性，心理人或经济人；后者要末是文学性的或说教性的；要末仅是学究式地罗列历史事实。各门社会科学的发展方向应当是同历史结合起来。这本身就需要对科学和人文学科进行一次普遍改 343
组。

毫无疑问，我们需要发展社会科学更甚于需要发展自然科学，不过社会科学在目前如此得不到支持却并不是偶然的。这与其说是由于它们有固有的困难，不如说是由于仅仅进行这种研究就是对目前社会制度的彻底批判。在我们的社会制度下，它们是永远

不会得到发展的，为了发展社会科学而进行的斗争同时也就是改造社会的斗争。*

科学的前途

在考察科学研究的发展前途的时候，我们可以看出发展的总方向，并且可以从中得出相当可靠的结论。不可能知道的是一些根本性的新发现的可能性以及这些发现对整个科学发展所起的革命化作用。我们在过去已经有了这种发现，X 射线和放射活动就是近来最惊人的发现。有人说，由于这种事情无法预测，事实上要进行预测就等于作出发现，所以，展望科学的前途是没有意义的。这话只是部分地正确；比较重大的发现并不是凭空出现的。它们是在特定领域中进行集中研究的成果，不过人们必须首先为某种别的理由在那个领域进行广泛的研究，然后才会有这种发现。在十九世纪初叶，原是不可能预测细胞繁殖的机制的，不过当时却可以说：除非用显微镜对细胞进行研究，就不可能发现它们的繁殖情况。同样，除非把气体放电现象作为研究对象，X射线和放射现象以及由此接着产生的一切就根本不会发现。所以实际的问题是：要保证科学可以在最广泛和最全面的战线上发展，随时准备把科学遇到的基本发现当作意外礼物加以接受和利用。

交互作用 从上述关于科学战线和未知领域的粗略叙述中

---

* 恩格斯在《反杜林论》中表达了这个观点：

"人们周围的、至今统治着人们的生活条件，现在却受到人们的支配和控制，人们第一次成为自然界的自觉的和真正的主人，因为他们已经成为自己的社会结合的主人了。人们自己的社会行动的规律，这些直到现在都如同异己的、统治着人们的自然规律一样而与人们相对立的规律，那时就将被人们熟练地运用起来，因而将服从他们的统治。"(《反杜林论》中译本，人民出版社，1970年版，第280页)

可以看出，在不少地方，不同学科之间有交互作用而且它们和人类活动之间也有交互作用。不过把科学划分为若干部门，它们彼此之间的横的联系就大部分看不见了。280 页的图表在一定程度上有助于弥补这个缺点。那幅图表指明了各学科之间的内部联系以及科学和生活的比较直接的实用方面之间的联系。核物理学和生物化学之类基本学科和桥梁性学科的重要性由表中所表示的这些学科在整个科学领域中的许多联系显示出来。当然可以编制出 344
完整得多的图表，不过由于它过于复杂，反而可能使人看不清主要的关系。

到现在为止，我们已经讨论了科学在其内在需要的推动下向前发展的情况。不过我们也已经充分说明了科学不是孤立的活动，还有着外在的实际应用的可能性，而这个可能性又会为开展这门学科的研究提供实际理由。迄今科学主要是从事分析先于人类而存在的世界，而不是分析人类自己的产物。仪器设备之类整套人为科学装备的作用，并不在于创造新的自然界，而在于使人类能够进行了解自然界的本来面貌所必需的实物分析和逻辑分析。不过这仅是一个开头，因为人类所创造的世界也需要加以研究和控制。随着时间的进展，宇宙中由人类决定的那一部份将相对地变得越来越重要，不过由于这一部分建设起来更快一些，它必然不那么稳定，需要人们对它有更彻底和更仔细的理解，以防止人类自己创造的事物把人类自己摧垮。

345 第十四章　科学为人类服务

人的需要

如果我们把人类生活及其发展当做我们研究的中心，科学活动就会呈现不同的面貌，而且彼此联系的方式就会显得和前一章所描述的有所不同。人的需要和愿望不断地为探索和行动提供动力，因此，可以把科学看作是我们取得必需的知识以满足某一特定需要的方法之一。我们可以把科学中的人的需要依照其迫切程度分为四等，科学同其中每一类需要都有一定的关系。首先是对于食品、住所、健康和娱乐的基本生物学需要。其次是对于满足这些要求的各种手段的需要。这些手段就是生产性事业、运输和交通以及文明社会的整个行政管理、经济和政治机构。不过社会不但要存在下去而且还继续发展。旧的需要要求得到更好的满足，新的需要也会不断出现。政治运动成为人类社会的这些动态的需要的推动力，不过这些需要的最终体现形式是由科学决定的。因此，科学往往变成社会和经济变革的主要力量。最后，社会在自己的所谓文化——礼仪，艺术和对于生活的总的态度——中认识和表现了自己。在这里，不但实用科学，而且科学所展现的世界面貌都再次成为主要因素。

基本需要：生理需要和社会需要　人们开始第一次认识到：社会终于能够充分地满足人类的基本需要了。只是在最近，只是靠了科学，这才成为可能，不过我们也知道：我们还没有做

到我们应当可以做到的地步，并不是因为没有科学，而是因为社会和经济制度有缺陷。从已知的人类基本需要出发，我们现在已经有可能建立一个生产和分配的技术体系来满足这些需要。这样做的好处在于：一旦明确说明了需要的数量，供应的问题也就多 346
少确定下来了，因而也就可以按照现有技术来衡量每一个要求切实可行的程度。例如最近对食物的研究已经说明：一旦有可能用科学方法确立最低营养标准和最宜营养标准，就可以采取政治和经济行动来加以实现。在这种情况下所采取的行动要比人们用含糊不清的措词表明同样真实的饥饿的时候我们所可以采取的行动有力得多。一旦一种需要可以大体上从数量上来阐明，要满足它就变成了一个明确的技术和经济问题了。如果有组织的社会决定满足这个需要并且准备支付其费用，它就变成纯技术问题了。技术可以用比到现在为止快得多的速度应付这些问题。现在我们已经有可能相当准确地预测为了这一目的需要采取哪些技术改革措施。*我们将在下文尝试进行一下这种预测。这种预测略为超出了现行技术趋势的范围，但决不是空想的，换言之，我们并没有提出任何我们不知道怎样实现的改革建议。

我们可以把人类基本需要分为生理需要和社会需要。不过人是高度社会性的动物，因此，这种划分必然是人为的。社会需要可以支配行动，不下于生理需要。在不少情况下，人们宁愿忍受饥饿和艰苦生活而不愿破坏社会准则。实际上，我们目前社会制度中的极度不平等的现象所以能够维持下去，是靠了社会习惯的约束力，远胜于靠了暴力。不过生理的需要有更大的迫切性。因为缺乏必需的东西达到一定程度，人就活不下去了。全世界发生的

* 见吉尔菲兰在《技术发展趋势》中的文章，第15页以后。

绝大部分疾病大概都是直接或间接由于缺乏基本必需品的缘故，一般是由于缺乏食物，其余的疾病有很多可以归咎于劳动条件差。* 换言之，人们确确实实是被他们的社会制度害死的，说得更明确一点，就是：如能充分供应人类的基本必需品，就能使世界上每一个人平均多活二三十年左右。这句话听起来可能是太极端了，但它只不过是反映了这样一个事实：英国人平均寿命是五十五年，印度人平均寿命是二十六年，可是没有一个人从两者的差数中得出明白的结论。

食　物

头一个同时也是主要的必需品是食物。现在要估计现有人口或者任何一定的世界人口的食物需要量是很容易的，但是要估计为了使这批人口的食物消费量达到最宜标准所必需的农业生产总
347 量却比较困难。不过所有的估计都一致认为，如果全世界现有的优良农田都用最好的现代方法耕种，所提供的食物就会达到最宜标准所需数量的二至二十倍。我们用另一个方法也可以得到这一结论。约翰·奥尔爵士在他提出的关于英国(这方面条件比较优越的国家)的营养状况的报告中，不但指出有一半人口食物不足，而且说明其中有五分之一的健康状况甚至在最低标准以下。从这些数字我们可以估计出整个人口食物消费量达到充足水平所需的食物数量。这个数量的价值比目下消费量总值多百分之二十，大约为英国农业产值的三倍。如果假定英国人口为四千四百万人，耕地

* 见奥尔著《食物，健康——收入》。又见《科学意味着什么》中的文章；G. C. M. 麦戈尼格尔和J.柯尔比所著《贫困和公共卫生》1936年；国际联盟关于营养的报告书；以及麦克纳利所著《公众健康不良情况》。

面积为一千二百万英亩，依照英国标准，每人所需耕地仅为一英亩以下，亦即全世界共需二十亿英亩耕地，还不及现有四十二亿耕地面积的一半，而目前的耕地面积本身则不到地球陆地面积的百分之十二。

新农业　这些数字虽然很粗略，但是毫无疑问，把科学成果加以最低限度的应用就能把农业生产提高好几倍。*对土壤和动植物育种进行科学研究，再加上生产一定数量的人工肥料和农业机械，就一定能在二十年左右，不但提高每英亩单产数量，而且扩大可耕面积，从而提高世界食物产量。** 经济作物更能推动人们改进生产。因此，经济作物方面的发展情况更能证明这个结论的正确性。例如，在路易斯安那州，甘蔗生产在三年中从每英亩6.8吨提高到18.8吨。***实际上在目前制度下这种发展给人带来的只是灾难。当局事实上已经通过精心制订的办法来推迟经济作物的发展，甚至销毁经济作物，而不是发展经济作物。苏联已经取得的成就说明即令在一个极其落后的国家也可以取得很大成就。在苏联，除了我们在边码第 227 页以及以下部分所述的情况之外，由于大规模引进新科学技术而得到了巨大进展。这些技术中有人工授精法和春化法。人工授精已经使畜牧业面目一新。****春化法用人工方法使麦种获得冬小麦的种种优点。

腺生理学和遗传学的进展可能在畜牧业中引起更大的变革。

---

* 已经产生的变化是够惊人的。《技术发展趋势》第99页中估计，在1787年，这个地方需要19个人才能养活一个城市居民，目前19个人就可以养活66个城市居民，不过这66个人中有一些人，也许是 6 个人左右，通过制造农具而间接协助农业生产。

** 斯特普尔顿教授把荒地和山区改变为优良牧场的工作成果说明科研在这方面可以起多大作用。

*** 见《技术发展趋势》第111页。

**** 见克劳瑟，《苏联科学》。

迄今这些变革的动机几乎完全是商业性质的。虽然这些变革使蛋
348 和牛奶的产量大有增加，却提高了疾病的发病率。例如在牛奶含有结核菌的情况下，就会把疾病传染给人类。促进牲畜早日发育成熟的方法不仅不自然和残忍，而且效率不高。*没有理由说，在一个井井有序的经济制度中，为什么不能把牲畜生活得好当作畜牧业的一个基本考虑。

不过这一切还只是把科学成果应用于食物生产的第一阶段，还只是使现有的传统方法合理化而已。食物生产方法面前还有更美好的前景。食物生产方法的重要性在于以最少量的劳动消耗（这种劳动单调而不利于健康）来提供食物并且使人口有可能逐渐增加，而不在于向现有的人口提供食品，因为这在原则上是已经解决了的问题。可以用相当简单的物质手段，通过有效地灌溉沙漠地带，并最后把沙漠覆盖起来使其成为大温室，来大大扩展耕地面积。另一个办法是利用威尔科克斯博士和格里克教授的农业技术方法，把植物放在包含化肥的水槽中培养，从而大大提高产量。利用这种方法，每一英亩水面生产出的马铃薯达75吨之多，蕃茄达217吨之多。**

用细菌方法和化学方法生产食物 也许在上述方法得到普遍应用之前，人们会培植海藻和菌类等低级植物来代替对高级植物的最大限度的集约耕作，作为食物的主要供应来源。海中主要食物来源是浮游生物海藻；我们迄今仅仅通过吞食海藻的鱼类间接加以利用。应该有可能通过有目的地在海洋中培育和收获浮游生物的方法，由间接利用世界四分之三的面积变为直接利用，但是利用设在阳光充沛地区的工厂来不断培育海藻以生产食物也许

* 见《技术发展趋势》，第114页。

** 盖里克教授，《不需要土壤的作物培植》，见《自然》杂志第141页，第536页。

会更为经济。在下一个阶段中，还可能通过细菌或者甚至通过细菌的酶来合成食物。归根结蒂，我们的一切食物都包含在空气、水和岩石的物质中。如果我们利用我们的煤或甚至石灰石的储藏，作为基本的食物原料，我们就将有充分粮食来供应比地球上现有人口多几千倍或几百万倍的人口。

分配 不过食物生产仅是问题的一部分。重要的是，应该把食物弄得营养而可口然后加以分配。目前在食物分配和调制上存在巨大浪费。虽然近年来在食物运输和保藏上已经取得巨大进步，在这方面的损失仍然很大。的确大部分损失是由于经济弊病而不是由于技术的缺陷。英国的食物零售总量如果能很好地予以 349
分配和消费，为每一个男女和儿童提供的食物就会略高于英国医学协会所规定的营养标准(见边码第 65 及375页)。然而很大一部分居民的营养标准显然远远低于这一标准，可见售出的食物有相当的部分都浪费掉了。这要么是由于居民中某一部分人吃得过多、要么在更大程度上大概是由于在家庭中浪费掉了。这种浪费是小规模处理食品所固有的现象。

烹调 虽然其他技术都用科学方法加以改进和调整了，烹调的基本方法从旧石器时代以来都始终没有变化，几乎完全没有受过科学的洗礼。这当然是由于，在其他生产活动中都有盈利动机推动人们去采用科学技术，而烹调作为家庭事务则没有这种盈利动机。只要在烹调中稍为应用一下生物化学知识，再进一步减少不必要的家庭操作过程，不但有可能消除浪费，而且有可能比目前更便当更经济地制出各式各样的新老菜肴以供食用。认为科学会损及烹调艺术，就象认为应用科学原理的具体成果钢琴会破坏音乐艺术一样，是没有道理的。

衣　着

废弃纺织　人们需要衣着不象需要食物那样迫切。从单纯物质观点来看，世界居民也许是穿得太多而不是太少了，虽然大多数衣着质量极差。目前的衣着与其说有实用价值，不如说有社会价值；其主要目的是使人们对自己的外表感到欣慰，至少也不致感到寒伧。为此，我们在衣着方面的需要是：以大家都买得起的价格供应花色品种更多和更美观的衣着，而不仅仅是暖和舒适的衣着。纤维研究方面的新发展将使我们有可能几乎无限度地改善我们的衣着。人造丝已经说明，我们在这方面可以充分仿制天然产品。不过更为根本的改进可能不在于试制新型纤维，而在于缩短整个衣着生产过程，即直接从多孔塑料物质制造衣服而不是用纺织好的纤维制造衣服。这样就不需要耐久性衣服了，也不需要经常洗涤了，生活条件也就会大大简化。新的衣服穿几天后就可
350 以丢掉。不过照目前情况来看，完全取消纺织工业会带来社会灾难，只能造成失业和贫穷。在任何合理的生产制度中，人们不会完全附属于工业，以至即使这种工业已经失去生产上的价值，仍然必须加以扶持。相反地，这种类型的改革将会受到欢迎，因为这样一来，工人就可以从单调的劳动中解脱出来，转而从事更有趣味的工作并获得更多的空闲时间。

住　房

住房仍然是一个重要而且难以解决的问题。在居住者习惯改变或者可以另觅新居的时候，房屋往往还坚固如初，可供继续使

用。可以有力地说明这个问题的事实是，现在几乎有一种普遍的趋势，就是让穷人去住富人所不要的房屋。我们刚开始看到有可能依照居民需要来建造一栋房子或是一座城市。居民的需要仅仅部分是物质上的需要——获得一个藏身之所；社会因素在房屋设计中实际起着支配作用。对房屋的质量要求在很大程度上取决于社会传统，很少取决于物质需要。房屋不但可以抵御寒暑风雨的侵袭，作为烧饭睡觉的处所；它也是复杂的社交仪式的中心。这两个方面互相影响。社会习惯和房屋用途取决于人们能得到哪一种房屋。目前，我们可以看出两个总的倾向：一种倾向是建造位于市区、拥有公用设备、联成一片的大型房屋单元，另一种倾向是建造位于市郊、几乎完全一模一样、设备齐全的小型房屋。两种倾向都可能继续下去，或者在两者之间可能找出一个折衷办法。在任一情况下，科学在改善房屋条件使其更加方便和美观方面都大有可为。新材料和新方法所引起的革命才刚刚开始对建筑的主要原理产生影响。我们不久就可以同传统建筑彻底决裂了，即同自法老[①]时代以来始终不曾改变的堆砌砖石的传统决裂，并且朝着合理构造的方向发展。建筑的物质职能主要是隔绝和支撑，不过这两者是完全可以分开的因素。厚厚的墙和沉重的梁是做到这两点的最笨的方法。

新材料 在新材料中，有某些材料，如轻金属，可以专用于支撑，其他至今仅仅经过初步改进的材料则可以用于隔绝。目前我们需要的材料，即便不是更轻的话，也要轻如软木，要坚固得足以挡住风的压力，能防火而且对热和声音都能起很好的隔绝 351
作用。这些要求不是达不到的。事实上，人们已经制出了几乎能

① 法老是古埃及国王的称号。——译者

满足所有这些要求的材料。* 几乎可以有把握地说，这个问题可以随着充气胶体的发展而得到圆满的解决。由于这种材料将不需要堆砌而是大块大块地装在房屋骨架上，建筑过程就会变得越来越象机器生产的装配阶段，制造材料的过程将相当于机器零件的制造阶段。**

室内气候　过去，房子附属设备往往是事后添补上去的；在合理的建筑中，它们将成为必要的组成部分。有了良好的隔热防寒墙壁，房屋供热问题就完全不存在了。事实上，甚至在冬天，居住者所散发的热量也需要用某种冷却方法加以消除。不过为了达到这种供热自足程度，就有必要设计出一个合理的通风系统。这种通风系统不象现在这样吸进冷空气，排出热空气，而是设法在冬天用排出的热空气来对进入的冷空气加热，在夏天则反其道而行之。这样屋内的火炉就变成单纯的摆设了。如果不需要这样地同屋外空气完全隔绝，(不少乡下房屋就不需要这样做)就仍然需要供热和冷却设备，不过可以不必象现在这样要花很多钱才能做到这一点。可逆的热机将在冬天把热量送入屋内或者在夏天把热量送出去。这种可逆热机已经制造出来。使用这种热机的用费只相当于直接供热方法的三分之一至五分之一***。象美国和俄国那样利用电站余热向城市供热的方法也几乎是同样经济的。

空气动力学的原理在建筑上的应用可望有相当发展，其中至少能做到取消通风道。不过人们刚刚开始认识到正确使用形状适

---

* 微孔物质是利用蒸汽对石灰石和硅石的混合物进行加热而制成的一种硅氢酸钙盐。它是一种表面上比重为0.2—0.5的微孔材料。可以制成板，已经用于建造房屋。参看《工业和工程化学》，第27卷，第1019页。亦见于《建筑纪录》，1936年10月份，第277页。

** 要了解预构房屋的近期前景，可参看《技术发展趋势》，第370页及以下。

*** 见《技术发展趋势》第371页。

宜的通道可以使风不致进入室内，并不需要用任何材料来阻挡。例如，法国铁路快车机车前窗特别容易堆积油污，所以就干脆去掉玻璃，装上挡风器。汽车的挡风玻璃不久也可以用同样的装置来代替。这样就可以使窗子在冬夏都同样开着，利用自然风本身的力量或者总通风系统的气流来护住窗口。最后就可以使房间没有墙壁或屋顶也能抗御气候侵袭。

家用设备　可能有人认为，在家用设备问题上，凡是能够做到的都已经在美国做到了。不过我们几乎可以肯定：只要对人 352
类需要进行有计划的社会学研究，人们就会看出，我们可以把各种家庭事务结合起来，以便不知不觉地增加总的便利。正象在许多其他情况中那样，只要需要满足的条件有严格的限制（如象在住房汽车或者大篷车拖车中生活），就完全有可能找出解决家庭生活问题的办法。我们可以预期这种发展趋势将使室内布置更有伸缩性和更加紧凑，完全摆脱传统方法的束缚。

未来的城市　科学在住房设备细节方面可以带来的变化是够大的了，在建造大型住宅方面可以作出的贡献就更多了。采用又结实又轻的材料，就能够使建筑物的内部空间比古今建筑师所梦想的大得多。完全封闭的、宽敞的、有空调设备的城市正迅速地变成一件切实可行的事情。要把一切人类活动都集中于这样一个建筑物中是不适宜的，也许要有若干座建筑物以适应不同种类的生产活动和文娱的需要，每一座建筑物都有其适当的温度。大量使用隔音墙壁的优良建筑以及建筑工程学的合理发展理应会把现代城市生活的主要痛苦噪音消除掉。无论如何，大多数工业噪音是一种浪费的征候。

城市和乡村　有了设计完善的通风系统，再加上禁止释放任何灰尘、烟气或水气，应该能使这样的城市的空气无殊于乡村，

再通过对温度、湿度和空气流动的适当控制，就能造成最令人精神振奋、愉快和多样的气候。当然这种城市将确确实实仅仅是生活背景的一部分；乡村生活的重要价值不仅在于其气氛，而且在于它和城市生活完全相反。不过即使对必要的农业不作很大的限制，由于城市建筑充分集中，也会有更多的空间留给绿色的大自然。除非世界人口比现在增加几百倍，还是会有大量的绿化地区保留下来。人们要到那里去，既很容易，又很快。应该有可能把这样的地区划分成几个等级，从近郊区一直到与世隔绝的世外桃源，以便根据人们的爱好向他们提供各种不同的环境。

规划　不过住房问题与其说是技术问题，远远不如说是组织问题。城市规划和地区规划就同建造房屋本身一样必要。我们要搞规划就需要发展刚刚问世的应用人文地理学。应该根据经济
353 生活的发展，规划各种不同程度的集中的或分散的建筑，以及工厂和运输工具的位置，目的是为整个社会谋福利，而不是猎取最大的私人利润。英国和苏联的城市规划的不同情况充分有力说明私人所有制的弊端。这种弊端特别表现在等于刁难和敲诈的高昂地价上。

健　康

健康有赖于令人满意的食物和居住的条件。要不是由于这个缘故的话，从根本上来说，健康的需要原是驾凌于任何其他需要之上的。而且我们在增进天然得来的健康方面，尚未取得很大进展。直到大约五十年以前，以行医为业的大批才智之士，实际上对疾病和死亡现象仅有一点肤浅的认识。他们自称能控制疾病和死亡现象。这种话只能起一种安慰作用，并没有任何根据。后来，细

菌学帮助人们制服了传染病，可是科学仍然不能真正治好慢性病及变性疾病和体质性疾病。不过在这个问题上，这主要又是一个社会组织问题，而不是科学知识的直接应用问题。死亡率和发病率显示：居民中最富有的部分能避免疾病，所以至少在英国，大部分疾病是可以避免的。征服疾病的第一阶段是向全体居民提供良好食物和居住环境条件，使他们达到目前只有富人才能享有的健康标准。当然我们决不鼓励富人们自伤其身的纵情酒色的行为。

疾病防治 医学的科学方法现在才刚刚开始发生作用。人们已经看出，问题是要保持社会成员的健康，而不是使医治他们的疾病的医生大发其财。一切医学部门都应该变成公立服务机构，在其中同时进行研究和行医。例如，如果能象仔细研究病人患病原因一样地仔细研究健康人所以健康的原因，就可以使医学有长足的进展。定期进行体检并设立一个在全世界范围进行医学统计工作的完整机构，就一定能探明许多疾病的根源，不过也决不能轻视疾病的问题。人体的复杂程度和人类创造出的或操作过的任何机械系统或化学体系的复杂程度是完全不能相提并论的。这并 354
不意味这个问题是无法解决的，而是意味着用于生理学研究的时间和金钱需要比现在多得多。现在已经能在一定程度上防止或甚至医治传染病了。如果卫生机构在世界范围内很好地通力合作，就能够完全予以扑灭。正如J. B. S. 霍尔丹教授所指出的那样，单凭这一条，就迫切需要建立一个世界性社会主义国家。应该对病后自然复元过程给以大得多的注意。一旦人们了解了这些过程，就有可能使复元加速，或者至少保证每一个人都能利用上最能抵御疾病的人的痊愈能力。在建立了合理卫生管理工作以后的三十年内，做到使疾病成为绝大多数人生活中的一件无足轻重的小事，这应该不是一个做不到的想法。

老年人的疾病和死亡 使老年人死亡的疾病属于不同的范畴。它向科学提出了最急迫和最严重的课题。这方面的成就必须能巧夺天工。这就需要对人体的发育和衰老过程有十分深刻的了解。如果不了解这些，我们甚至就讲不出我们在符合自然法则的范围内究竟有可能做到什么程度(见边码第338页)。我们也许有可能，也许不可能制止一切高等动物衰老时期都出现的组织普遍硬化和干枯的现象。也许可能通过适当的促进生长的物质来使得身体或身体的组成部分返老还童或甚至再生。在身体只有部分器官受到威胁时，器官和组织的代用品的发明也许有助于延长寿命。疾病中最可怕的癌症问题肯定有希望得到解决。现在已经取得的一点点进展都是不同领域中的科学家们合作的结果，不过真正迅速而有效的进展却需要更大程度的合作。要猜测这些措施能使多数人延长多少寿命是徒劳无益的，不过，将来人们的寿命很难说会短于现在活着的年龄最大的人的寿命。这是应该由科学提出并设法予以解答的问题。我们现在甚至还不知道从什么意义上来说死亡是不可避免的生物学上的必然现象。我们也不知道，死亡在多大程度上是一系列病理事件造成的最短期限，而这些病理事件又是可以分别避免的。一旦我们找到了答案，就可以知道麦修塞拉①的年龄究竟是神话还是一个合理的目标。

人口控制 同健康问题密切关联的是整个人口的生物学控制问题。目前人类对宇宙的任何部分都想要加以控制，只有对自身并不想加以控制。在这个意义上说，人类还没有成为驯养的动物。他们无计划地任意繁殖。由此造成的人类在数量上和质量上

---

① 麦修塞拉是《圣经》《创世纪》篇中长寿的人（《圣经》中作：玛士撒拉），活到969岁。——译者

的变化产生了极其猛烈的社会影响。目前，在那些认为社会事件 355
是命中注定的人们看来，仿佛欧洲和美洲大部分地区的人口很快就要达到最大限度，接着就会减少下去，速度比原来增长的时候还要快。*西欧人不但维持着一种主要是建立在稠密人口基础上的高度文明，而且还控制和剥削世界大部分地区，所以他们的人数的减少，可能首先加剧他们的剥削的严重程度，不过迟早也会使这种剥削完全垮台。随着人口的减少，平均年龄也会不断提高，因而也会加强保守主义，所以人口减少的影响很可能还要严重一些。

不过为什么会产生人口繁殖减少的现象呢？原因很简单。因为在现有条件下，没有足够的刺激力促使大多数妇女生儿育女以维持原有人口。法西斯政权想要通过爱国主义的号召和强行禁止节育来克服这一困难，然而收效并不显著。** 从十九世纪的英国和现代俄国的发展情况来看，十分明显，只有使生儿育女成为可喜之事并为儿童提供有保障和有希望的前途，才能使人口增加到所希望的程度。不过完全让这一过程自然发展却是可笑的。应该完全按照增加人口的最适当的需要来调整奖励生儿育女的办法。

在良好社会条件下，人口大幅度增长　要说出人口需要增长到什么程度就困难得多了。通常都认为，凡是不论增加或减少人数都会降低生活水平的人口就是最适宜的人口。不过这有一个前提，就是假定经济制度不变。一旦有可能大大增加消费，这样地衡量的最适宜的人口就太多太多了。世界上有足够的食物和空

* 伊妮德·查尔斯，《生育的衰退》；霍格本，《政治算术》。

** 意大利在 1931 年的毛生殖率为 1.57，在 1936 年下降为 1.40。德国的纯生殖率如下：1924年，0.924；1929 年，0.818；1931 年，0.748；1934 年，0.86；1935 年，0.91；1936年，0.93。

间，可以允许人口在若干世纪中以生物学上最大限度的繁殖率增加(比如说每四十年翻一翻)。当然在目前经济制度下是不能利用这些可能性的，不过，我们在这里讨论的是最适宜的情况而不是实际情况。可能有人要问，的确，有些人从直觉出发或者从形而上学的观点出发对尽可能多的人口的价值十分重视，如果撇开这些不谈的话，为什么要有这么多的人口呢？一个理由是：人类进步的一个重要因素是有足够多的有非凡才能的人。目前我们不知道，而且在今后一段时间内也不可能知道用什么办法可以随意造就出这样的人才，所以要得到他们的唯一办法便是增加人口。人们常常由于人群拥挤而反对拥有比目前多得多的人口。只有在目
356 前大家拥挤在令人不舒服的喧闹的城市中的状况继续存在下去的时候，这个理由才能成立。目前世界的百分之三十的人口拥挤在占陆地面积千分之五的地区，又有百分之三十的人口散居在占陆地面积百分之七十五的地区。在现代生产条件下，人口根本不需要这样集中。如果能把运输交通和住房条件加以改进，使世界大部分地区都适于居住。可以把风景比较优美的地区保全起来以供娱乐和闲居之用。

这是一个长远打算；我们目前需要做的事情与其说是要养育出更多有才能的人，不如说是要对现有的有才能的人加以更充分的利用。在英国这样高度文明的国家中，最聪明的儿童中，仅有四分之一的人有接受高级中学教育的机会，也许在五十个人中，能受到大学教育的不超过一个人。有了一个真正民主的政府，通过教育工作就能使有才能和训练有素的人数增加到五十倍之多。即使如此，也可能不足应付新的和日益增长的文明的复杂问题。这种状况所需要的人口政策一定不同于为一个发展机会受到极大限制的世界所规划的政策。目前希望控制人口的人之所以希望控制

人口，主要是为了鼓励富人生育，阻止穷人生育，照他们的说法就是鼓励优秀的人生育，阻止劣等的人生育，以便使富人保持有力的统治。事实上，只要人与人之间遗传差异被社会上保持的经济差异所掩盖，遗传差异就根本没有什么实际的意义。*但是一旦能在社会上做到机会均等，人口质量的问题就会具有极大重要性。

劳　动

现在有两种经济。在一种经济中，人的需要构成这种经济的直接基础。在另一种经济中，人的需要仅仅间接表现为它们的利润价值。这两种经济之间的主要差别之一就是劳动条件的根本变化。我们往往把劳动看作是生活中不可免的苦事之一，只要有办法和金钱就想避免劳动。其实，劳动的不愉快本身是社会条件的产物。自从农业的发明使劳动变得必要以来，征服者就强迫被征服的人民去劳动——妇女、奴隶或劳动者——而控制劳动的人根本不想使劳动变得愉快。工业革命实际上使情况变得更糟了。工业革命消除了传统的调剂方法：即鼓励人们劳动的歌唱、舞蹈和饮酒。同时又使工厂的经常性的单调乏味的劳动代替了农民一年到头的多样化的劳动，并且使得劳动虽然花费力气较少，但由于单调及周围环境的可怕和肮脏而变得更加令人厌倦。有了现代化技 357
术，这一切都是完全不必要的。在我们的过时的经济制度中，只是为了少数人的想象中的舒适和保障才把这一切维持下去。

主要考虑应该是工人而不是利润　假定人类的大部分活动

---

* J.B.S.霍尔丹，《遗传和政治》；霍格本，《自然与养育》。

时间仍然用于劳动，改变劳动条件就会意味着大大增加愉快的生活的可能性。迄今对劳动条件的主要研究工作还只是着眼于提高工作效率。工间休息和缩短劳动时间之类的改进措施所以被采用，仅仅是因为这些措施证明能提高生产。为了方便工人而设计的工厂会不会比那些把人当作机器的一部分的工厂效率低呢？这一点在现在看来甚至也是值得怀疑的。而且，绝对节省劳动力的机器(使过于繁重和单调的工序完全不需要人工操作的机器)的相应增加将足以弥补由此可能造成的效率的降低而有余。例如，传送带使劳动变得更加单调，并且造成了一种不人道的强制的紧张状态。大多数连续加工的简单工作都可以完全由机器操作。不过在劳动力便宜，不必考虑劳动条件的情况下，人们就觉得不值得去制造这种机器了。

设计可以消除而不是制造单调乏味的劳动的机器　要制造首先考虑到工人的机器，会引起一些崭新的问题，并且会成为促进发明和研究的强大动力。到现在为止，人们主要是用机器来代替人体的动作，而且增加了这些动作的力量和速度。不过人们已经开始用记录和检查设备来代替人类感官了。在许多重复性工序中可以用电气装置，特别是光电池来代替视觉、感觉和触觉。对工人的关怀会促使这些技术进一步发展并会促使人们走向第三个阶段：设计能够进行判断的机器，把检查机器元件和活动部件联接起来，使得这种机器能象较老的机器处置规格划一的材料那样准确地处理规格不同的材料(参看边码第 366 页)。

劳动是一种乐趣　同时可以通过发展和应用工业心理学，利用科学来消除必要的劳动的一些弊病。自然，在目前期望发展力求使劳动变得更为舒服、愉快和有趣的工业心理学是可笑的。
358 现在仿佛也允许一点工业心理学存在。我们只能说，那是因为它

对雇主有用，而不是因为对工人有用。因此，这种研究就明显地缺乏只能从工人方面得到的必不可少的合作。一旦人们明白，应用工业心理学的目的是改善劳动条件而不是加速生产，就有可能通过工人的合作来彻底消除劳动的概念在过去一切时代中始终包含的强迫和不愉快的含义。

娱　乐

工作之余便是娱乐。人们渐渐认识到了休憩和娱乐在一切社会中所起的重要作用，特别是在经济和物质变化已经冲破了平衡的传统生活秩序并且提供了多得多的余暇的社会中。任何合理的发展都必须提供更多的余暇，不过新得到的余暇却不应该再引起什么问题。人们可以把余暇用于创造或娱乐，也可以把余暇浪费在无聊之中。我们目前的制度在各方面都阻碍人们把余暇用于创造，因为每一项创造总有一种价值，所以它要末会妨碍目前的竞争制度而不见容于当世，要末就构成这个制度的一个部分。在后一种情况下，它立即就取得了劳动的品格。只有家务劳动和琐碎的劳动——浮雕细工和养兔——仍然是一些不完善的例证，说明人们在具备技术、设备、协作和鼓励的条件下可以做些什么事情和愿意做些什么事情。在另一方面娱乐几乎完全商业化了。始作俑者是有钱人。他们终日游手好闲，吃喝玩乐，其余大多数人则限于财力享受不到这些娱乐。比无聊略胜一筹的最便宜的娱乐，都是最消极的娱乐方法——收听无线电、看电影和看运动比赛。迄今，科学在娱乐方面的应用，实际仅限于扩大这些消极形式的娱乐而已。这减少了无聊，但却代之以想入非非的幻想。

在任何其他形态的社会中，科学的贡献将大不相同。不过要

预言其表现形式却是荒谬的，因为娱乐之特点在于其自发性。我们能够预言的便是，人们将发现，不以盈利为目的的科学将象帮助扩大物质生产方法那样地帮助扩大我们娱乐的能力。娱乐可以变得更加专心致志，更加带有个人色彩，更加多样化。电影院、无线电和电视的新技术除了提供逃避现实生活的想入非非的幻影或
359 者培养欣赏新的娱乐形式的审美能力之外，*还大有可为。这两者不但可以把一部分人的经验传授给大家，而且还可以通过探索自然界未知地带开辟新的经验领域。因此，这两者都是大大扩展人类经验范围的手段。也可以通过科学推动人们把余暇用于创造。自发的个人努力或合作性的努力都将找到大展宏图的新领域。或许更为重要的是，人们将找到一种天生我材必有用的感觉、一种不虚此生和自豪的感觉。对不少人说来，科学本身可能变成一种引人入胜的娱乐。

改造世界 但是我们有可能把眼光放得更远一些。我们有着一个大自然的世界足供消遣。只要利用科学大大增加在事实上和在想象中游历的设备，可以观赏这个大自然的世界的人数将比以往大为增加。不过另外还有一个人类自己正在建设的新世界。这个新世界提供的乐趣和兴味将不下于它为人类带来的实惠和安全。现在谁也不能够具体说出前景究竟如何。所有的乌托邦都不能令人满意（从人类观点来看）的事实可悲地说明了这方面的前景的确是无法预测的。不过我们可以万无一失地假定：在过去的物质文化生活的每一阶段都给人们带来乐趣的人们的种种爱好，在今后还会继续下去。目前这一切爱好甚至可以从人们对汽车、飞机和无线电的自发兴趣中看出来，虽然商业化娱乐和模仿过时的

* S. C. 吉尔菲兰对某些这类可能性作过评论，《技术发展趋势》第25页。

贵族传统的市侩习气妨碍了这些爱好的发展。一旦消除了这个阻力，就象苏联的例子所说明的那样，人民群众对于建立一种新的和范围更广的文化就会产生巨大的兴趣和热情。

生　产

到现在为止，我们所讨论的都是社会目的，而不是社会的手段。不过在现代社会中要满足人类的直接需要，就意味着要建立一个复杂而科学的生产体系。这个体系的建立是十八、九世纪鼓吹个人主义的资本主义的伟大功绩，不过这个体系的最终的结构带有极大的社会化性质，需要有一个更加自觉的社会制度，才能维持并发展这个体系。科学在这里需要起双重作用，首先要提供技术手段，其次要提供有效地协调这些技术手段的组织形式。直到今天为止，只有第一个职能得到了充分发展。我们已经能相当清楚地看到把科学应用于生产技术手段的近期远景。这些技术手段的发展速度和效果始终没有达到在任何合理的经济制度中可以达到 360
的地步。我们已经指出了造成这种情况的原因；现在只需扼要地谈一谈可以实现的可能性和可以预期的未来发展的方向。

生产性工业的某些总的趋势已经很明显了。预言其近期将来的进程是相当有把握的。*一切生产过程的共同趋势如下：——(1)自动化操作；(2)加强对生产过程的控制；(3)生产情况和产品的自动登记；(4)生产过程的连续性；(5)运行速度的加快；(6)减少中间生产阶段的商品数量；(7)生产过程的简化；(8)减少机器的体积和重量；(9)合理的和实用的设计；(10)灵活性。**这一切都

* 《技术发展趋势》，第15页。

** 《技术发展趋势》，第24页。

图 表 二

工 业 生 产

本表想要表明生产和消费过程的技术方面，不涉及财政和经济方面，也就是说，不涉及金融、政治、商业管理、军事活动以及娱乐和宗教活动。本表力求单从质的方面表明一个工业社会的商品和劳务的流动状况。这种流动分为三级，最高一级是采掘工业、农业和矿产基本原料的取得。第二级是中间生产阶段，即重工业、农产品加工、机器、交通工具和电力的生产。第三级是最终生产消费品的阶段，包括轻工业、运输和其他设施。最后通过分配而达到消费阶段。箭头有三种。——>代表物资的实际运输。--->代表运输之类劳务的转移。--->仅用于表示电力的输送。表中只标明了物资或劳务的主要输送，否则图表就会过于复杂。如果用粗线或其他办法表明在一定时间内这个体系的不同部分之间通过的产品数量或价值，本图表就能说明数量，不过这是需要由经济学家来做的工作。

由于经济上的原因需要加以实现。这些项目全都能节省劳动力，而且其中某些项目、特别是第(5)至(9)项，还能节省流动资金和固定资金。由于最近的技术和科学的进展，这一切都有可能实现。各项目彼此密切相关，虽然有几项，如(5)及(7)项，可供选择使用，但也并不一定非当作供选择的办法使用不可。这一切都受到在第六章中所讨论的其他经济因素的妨碍，只有在合理规划的社会中才能加以充分的协调和利用。在目前条件下部分加以采用只能引起了工人劳动强度的强化，失业和经济的不安全。如果在合理的社会中加以采用，其总的效果将是：大大缩短生产时间，减少劳动时间，减少必要的机器的数量，甚至进一步减少机器所占空间。请想一想十八世纪的一台八马力蒸汽机竟要占用一座二层楼的机器房而未来的一台一千马力的飞机引擎只要放在飞机气缸中就行了。说来也奇怪，机器的自由发展会使机器在日常生活中所起的作用愈来愈不显眼。

合理社会中工业的一体化　　为了实用目的，把工业生产和分配按照下列类别划分是方便的：采掘工业；电力生产；外形制造，即机械和电机工程；物质制造，即化学工程；运输、分配、通讯和行政管理。不过我们不应象我们长期习惯的那样，把这些看作是为了利润而经营的各种行业，而应该把它们看作是一个有机整体的各个相互关联的部分。这个整体的目的是维持人类社会生活并扩大它的可能性。我们只能从这个观点来考虑不同工业的相对发展及其相互关系。卫道士派经济学家的理论认为，由于不够发达的工业可以获得更多利润以及多余的工业的破产，这种情况早就应该出现。事实上，这种情况并没有出现。在维持高价的限 361
制性办法极迫切地要求停止生产的时候，生产就陷于停顿，在既得利益集团由于得到政府的津贴不需要停止生产的时候，生产就

维持下去。在一个合理的和合乎人道的社会中，工业结构将和目前的结构大不相同。它将具有大得多的灵活性和发展潜力。采掘工业和重工业将变得相对地来说不象目前这样重要，也许经过一段时间后绝对地来说也是如此。化学工业将会增长并扩大到目前由农业和冶金工业所占有的许多领域；轻型电器工业、无线电、电视和自动化设备等等也会如此。根据现有的科学和技术知识经过合理调整的工业结构见于图表二。以下所述的是对每一种工业的近期发展趋势的预测。

矿 业

工业生产的物质基础在于采掘工业，即矿业及采石工业。这方面的技术正迅速发展，我们可以预期将来会有更大的变化。煤——也许还有铁——的黄金时代已经过去了，不过整个矿业将不会衰退，因为金属和矿产品的总的需求增加了，人们需要的金属和矿产品的类别品种比前几个世纪大大增多了，需要量也增加了。矿业将越来越变得主要从事生产化学工业所必需的原料。现在并不缺乏可资开采的矿藏；目前采掘矿产原料的主要困难并不是技术上的困难，而是经济上的无政府状态和国家的无政府状态的副产品。如果采用合理的制度，对世界矿产资源进行勘探，象苏联在较小的但足资比较的规模上所做的那样，一定会发现大量意想不到的矿产资源；同时只要用不断增多的化学和物理—化学采掘方法充分开发这些资源，就有可能使金属、水泥和化学原料的生产成本大大低于现在的成本。

取消地下作业 不过，在化学的进步和对人类生命和劳动的关怀的推动下，整个采矿技术也可能发生一次根本性的革命。

迄今，几乎全部采矿作业都是在地下很深的地方以手工或机器切割岩石或矿石，运到地面，然后在地面上进行加工并提炼有价值的材料。矿工地下作业比任何其他工作都艰苦而危险；这样做花 362
费极大而且不便。*除了改进采矿机器以便不致象目前这样增加矿工劳动强度以外，还有一些革新，可以减少地下作业的必要性而且最后把地下作业取消。首先是有可能把需要的原料以液体状态运到地面来，这样一来，就可以象开采石油、盐和硫磺那样用钻机和泵来采矿了。利用适当的溶液注入孔道，就可以把这个原理推广到金属采矿作业中去。至于煤，可以利用人工控制的地下火把煤层变成油和汽。苏联已经试用过这个办法并取得某些成就。采用化学提炼、浮选和电介质分离等先进的方法开采地面贫矿会比开采深矿井更为经济。由于发明了新爆破方法和大型铲具，露天采矿方法正在美国迅速推广中。** 随着铝和镁两种轻金属日益广泛的应用，这一趋势还会进一步加强，因为铝和镁都藏在地表附近或以液态出现，都可以用露天开采方法开采。最后还有一个比较遥远的可能性，就是利用具有表面活性作用的特种化学品或把这些化学品附于塑料过滤器之上，就有可能从海水中提炼出几乎一切元素，其效率至少不会低于血液中含有铜和钒的动物所做到的地步。

熔炼——新金属　总的说来，矿物的需求量是一定会增加的，不过用途的变化也会使某些金属的需求量减少。在生产条件比较优越的地区，我们可以联系需求量计算生产成本，这样就可以避免有时需要超量生产、有时又需要限制生产、情况捉摸不

---

* 据估计，在美国手工采煤作业中，每生产相当于一千瓦小时电能的煤，其成本为7.50美元，相当于一千瓦小时电流生产成本的150倍。《技术发展趋势》，第152页。

** 《技术发展趋势》，第151页。

定而后果极为恶劣的现象。直到最近，采矿和熔炼工业的老传统，从本质上来说一直停留在前科学的基础上，其生产方法仅不过是公元前四千年原始矿工和冶炼工的方法的变种。科学成果的应用将会改变这一切；冶炼温度将会普遍降低，因而，生产过程的热量消耗也会降低。这些新方法中最重要的将是低温炼铁，炼铁时使用甲烷和氢作为还原剂以取代焦炭。* 采用类似的生产过程还可以简化目前用来熔炼硫化物矿石的笨重方法。人们一定还会更多地使用电气化方法。镁构成一系列轻合金的基础。镁的制造已经是一系列几乎完全自动化的化学作业和电-化学作业了。原料、盐水从生产系统的一端进入，镁金属则从另一端
363 出来。有待解决的最重要的问题是用经济的方法利用泥土，可能还有几乎同样常见的红土，生产铝的问题。人们往往认为，由于铝在自然界中极为丰富，它应该成为最普通和最有用的金属，不过即使解决了来源问题上的困难，把它从氧化物中分解出来所需的能量将仍然是它的制造成本中的决定因素。如果以电作为能量来源，那就意味着，它的成本不会低于直接使用煤来分解铁的费用的三倍，因为需要有三倍的煤才能生产出炼铝所用的电来。除非发现某种直接还原的办法，铝的价格不可能低于铁价的五倍，不过由于它现在约为铁价的二十倍，所以还有一大段差距需要缩短。**

合理使用金属至少和开采金属一样重要。我们既然开始对金属结构有所了解（参看边码第 336 页），我们就有可能制出新金属或者制出性能比现有的任何合金都更为有用的新合金。一个重要趋势是制造防腐蚀的金属；如果能使这种金属臻于完善，就能制

* 但是可以参看《技术发展趋势》，第 358 页。

** 见《技术发展趋势》，第 356 页。

止目前仍然存在的大量浪费金属的现象，并且减少金属自然蕴藏量枯竭的危险。*

电力生产

节省资本　电力生产的问题有大规模的问题和小规模的问题两个方面。一方面，人们大规模生产和分配电压划一的电力，另一方面，许多小规模的独立单位也来发电、特别是供运输之用，例如供汽车和飞机使用，并用于数以百计的其他具体用途。在第一种情况下，主要问题是经营成本的效率问题。人们为了改善这方面的情况进行了大量科学研究。例如英国在1910年，要用1.8吨煤才能生产1000个电力单位，到1934年，只用0 7吨就够了。美国在1937年的平均数字为1.43吨，而最好的发电厂则可达到0.79吨。效率为百分之四十的热机的最低理论耗煤量为0.65吨，所以在降低经营成本方面再不能期望有多大进展了。基本的问题与其说是改进技术，不如说是社会组织的问题。即使在基本上消除了众多电厂相互竞争的弊端的地方，如在英国供电量变化幅度仍然极大，正常发电时仅使用百分之五十左右的机器设备，可是还需要保持那么多的设备以应付高峰时的需要。如果发电能够实 364
行国际化、就可以基本上消除这种供电量不规律的现象，再降低输电成本，就能使电力的经营成本大为降低，做到可以免费供电而差不多不至于引起经济失调。而只要出钱进行科学研究，降低输电成本大致是能够做到的。

新式发电机　电力生产资本成本需要大幅度减少。一所电

* 要了解发展情况，见《技术发展趋势》，第346页。

站由于几乎完全自动化，它的劳动成本是极为经济的，但是其资本成本却极为巨大。由于发明了现代真空技术，科学为制造小型高压静电机器来取代笨重的电磁式发电机提供了可能性。如果与此同时可以用体积小得多而工作速度更高的别的机器来代替产生电力的原动机的话，这个改进就更有用得多了。电力工程师的眼前问题是生产燃气轮机。这种燃气轮机所以难产主要由于难以制出能经受有关的压力和温度的材料。除此以外，还有可能使机器以很高速度进行工作，以致可以利用实际的动量而不必利用经过加热的气体的能量进行工作，这样就可以更进一步提高效率并减少机器体积。这些考虑也适用于独立的小型发电单位。在这里要兼顾资本节约和每磅重量的效能。节约资本是至关重要的，因为积累大量昂贵的机器，作为商品或其他机器的生产所必不可少的附属物，是限制经济发展的一个因素。总的说来，资本主义经济与其说是鼓励不如说是阻挠节约资本，不过它这样做，也就得到资本效用递减的报应。一个合理的经济将力图取消一切不必要的机器和作业。我们应该发展在任何负荷下都能以充分效率工作的电气机器。

动力储存 更重要的是需要找到某种方法来储存电能，其效率和我们目前的蓄电池一样高，但费用、重量、体积却要小得多，而且使用起来更为方便。对具有极高电介常数的电介质进行研究，也许就能解决这个问题。某些新型塑料就拥有这么高的电介常数。此外，人们也许会发现一种带有巨大能量负荷的恒温可逆化学反应。还有一个办法就是发展隔热方法，以便在大大高于或低于常温的温度下，多多少少是无限期地保存大量物质，作为可资利用的能量储备。在各种工业生产上广泛使用液态氧、液态甲烷，就有可能把能量的储存和重要工业产品的产生过程结合起

来。电力的有效储存不但会意味着大量节约电力生产的资本，而 365
且也有助于取消汽车和飞机的效率极低的小型发电单位。*

电力的应用　电力问题的另一个方面是质的问题。应用电力的方式显然和电力数量本身同等重要。迄今我们仍然处于这样一个阶段：不论是原动机或者电动机的旋转都必须转换成我们所需要的曲柄或螺杆的运动。假如我们有办法迅速产生压力或拉力来进行敲击、突然的牵拉，或者推动液体或气体流动之类作业，而且可以在牵涉液体运动的场合取消活动机械部件的话，那就好多了。第一个问题涉及研制同动物肌肉活动相当的某种电气或液体推动装置。气钻之类现有方法的机械效率还很差。合理设计液压机的新发展可能克服这个困难。**我们有理由相信，利用频率可变的电流工作的可能性会成为解决有效率的往复运动问题的另一个方法。由于使用旧生产方法的既得利益集团的阻挠，这个方法一直没有得到发展。还有一个可能性就更加引人入胜了。那就是建立某种胶体体系，其张力可随电流而改变，不过要做到这一点，我们还需要对肌肉的物理一化学性质有多得多的了解。

流体动力学——火箭飞行　解决第二个问题，即没有活动部件的液体流动的问题，同在更大程度上利用流体动力学的潜力

---

* 人们通常都没有认识到：在一个现代工业国中，小型运输单元的可资利用的马力总数要比用于生产电力的马力大好多倍。《技术发展趋势》在第 249 页中提供了下列事实：即令我们作出武断的似是而非的假定，断定引入负载因子后这种电力得到利用，我们仍然发现汽车引擎所发出的实际电力数量远远名列前茅。由于这种电力一般是以不超过百分之五的平均效率来产生的，这就意味着，美国的电力生产效率的总平均数仅为百分之九。这是天然石油资源的巨大浪费的一个重要指数。

** 一种新型泵（基拉维特式泵）最近才臻于完善。它的几何图形设计极好，可以倒过来工作，这样就能以大于百分之九十五的效率来传送电力。由于它体积小，可以变速，它已经在飞机和轮船中取代了电气机器（见《工程师》，1937 年 12 月17日一期中的文章）。

的整个趋势是一致的。我们已经听到有一些谣传说，有一种强大的飞机，内部装着一个没有引擎或推动器的喷射器系统，把空气吹到机翼，以便产生使飞机升空所必需的空气流通量。现代火箭就是沿着类似方向发展的。发明火箭起初是为了探索高层大气，不过后来则着眼于空间飞行。目前所遇到的困难是巨大的，事实上差不多是不可克服的，因为我们不知道有什么能源达到极高浓缩程度，以致可以使自己的重量脱离地球引力场。人们提出来但还没有试验过的唯一办法，是一种相当笨拙的办法，那就是使用体积逐渐变小的多级火箭。不过目前在世界许多国家中还有不少认真的工程师正在猛攻这个问题。我们没有理由说这个问题无法
366 解决，就象在十八世纪初叶没有理由说人类永远无法飞行一样。*
这一方面的最终发展可能还要求助于新的原理，当然这便是为什么这种表面上看来没有希望的事业不论是否达到最初的目标总是值得一试的主要原因之一。如果我们找到一种切合实际的办法，可以产生定向的分子束、或者最好是中子束，这个问题就会完全解决，我们将会在同时获得可以普遍应用的浓缩能源。

工　程

工程师职业总是和科学密切关联的。过去和今天不少大科学家，如狄拉克和爱因斯坦，在开头都是工程师，相反的情况几乎也是同样司空见惯的。不过工程师职业在不少方面仍然是一个传统性质的职业，而不是科学性质的职业。还没有人认真考虑过或者利用过把科学大规模应用于工程的可能性。不过在美国及苏联

* 据说在认为发展火箭飞行值得一试的人士当中就有林白上校。

都有迹象说明这种情况正在改变中。早期的工程问题就土木工程而言主要是怎样用新材料把建造道路和桥梁等古代技术移用于大规模营造的新需要上去的问题。就机械工程而论，早期的工程问题则涉及用机械方法尽量模仿人力操作过程，以便提高效率和速度。老的模型象几乎一切人类传统一样，在从理性观点来看已经变得完全不必要以后很久，仍然被人们使用着。

合理的机器　现在已经可以看出，在工程学中，特别是在机器制造中，已经有了另外一系列可能性，可以用科学方式而不是用传统方式加以利用。一旦提出了需要进行哪一类具体作业的课题，就应当有可能找出安装起来和工作起来都最经济的活动部件的排列方法。数学的发展、尤其是计算机的最新发展可以为此提供钥匙。计算机要解决的那一类方程式从本质上来说同生产过程中所遇到的方程式很相似。这种设计合理的机器会实际证明比现有的机器轻便而且简单得多。实际上，一当需要大规模生产机器时，工程技术就不能不采用这些发明。

有智慧的机器　可是科学还能提供更多的东西。老机器的主要特征是它的动作极为刻板，其结果，不但机器只限于处理体
积和形状大致一样的常见产品，而且必须使用过多的简单手工工 367
序。现代化机器不但应该能处理丝毫不差的重复工序，而且还应该能处理大体相似的重复工序。只要更多地使用科学所能提供的新式感官和控制装置，特别是光电管之类电气装置，以代替看管工人的眼睛，就可以做到这一点。*一部机器运行起来既有敏锐感觉又有灵活性，就接近于完全自动化了。如果我们能使机器在某种程度上自行修理，即自己找出、弹出和更换损坏了的部件，那

---

* 《技术发展趋势》第321页中提出了一张清单，其中列出光电管的142个应用项目；也见于第24页及以下。

就更前进了一步。认为这种机器必然十分复杂，用起来很不经济的想法是错误的。首先，如果设计得法，实际结果将是机器更为简单；其次，我们必须记着：人们总是得把目前的机器效率和价廉而单调的手工劳动加以权衡比较；雇用男女工人从事工作而又不能充分利用他们的潜力也总是浪费的事；第三，只要有计划地发展工业就能消除设备废弃的危险。在目前的制度下，这种危险要末促使人们匆匆忙忙地制造某些机器，又加以无情废弃；要末促使人们奉行完全不能利用现有潜力的保守主义。

土木工程 在土木工程方面，我们可望大大扩大作业规模，这是由于我们必须解决一些更大的问题的缘故。这些问题还促使我们有可能制造出大功率的机器和新的材料。有了对城市和乡村的全面规划，土木工程和建筑学就有再度合为一体之势。这对双方都是有好处的。我们至今还没有从一开始就是根据居民的生活和工作需要设计出来的、规划合理的城市。列奥纳多·达·芬奇在四百五十年前就设计过这样的一个城市，可是至今我们还是不得不在旧有城市中心的基础上修修补补过日子。应该把建筑物、道路、桥梁和隧道组成一个完整的、协调的交通体系（也参看边码第 350 页以及以下各页）。土木工程师在塑造地球表面方面、在开垦土地、扩大灌溉和水力发电以及在改变气候方面都有更大的任务（参看边码第 379 页）。

化学工业

随着时间的进展，致力于生产物质和材料的各种工业终于在经济中占有越来越重要的地位了。起初，木材或泥土之类材料
368 都是就地取材就地使用；以后就有了用简单粗糙的方法制造出来

的材料，如金属或玻璃等。我们现在开始明白，供直接消费，即生物学消费的物质，或者作为能源而为人们所需要的物质，如食物、人造肥料或焦炭等，以及由于具有各种机械性能而为人们所需要的物质，如纺织品、橡胶和纸等，从本质上来说都是化学工业的产品。将来我们可能也要几乎完全依靠化学工业来供应生物性和工业性物资。到那时，化学工业将在经济中占有中心地位。*

不用说，科学的发展和化学工业的发展有密切关系，不过人们并不充分明白，化学工业是建立在十九世纪的科学的基础上的；我们还没有开始利用二十世纪的量子大革命为化学带来的大得多的理论上的和实用上的可能性。我们的重化学工业有很大一部分都过时了，要使它现代化，就需要人们对重化学工业的职能采取大不相同的态度。阻碍化学工业发展的事实是：它仅是使用化学方法的一系列行业——纺织、制纸、橡胶工业等——之一。如果把这类工业的一切化学生产过程以及化学工业本身都置于统一管理之下，如果把这个体系看作是一个有机的整体，而不是向靠了某些传统存在的市场供应中间阶段成品，就可以把许多中间性生产过程和产品取消，并大量节省原料和劳动力。例如在1932年，一共生产了八十万吨硫酸，其中有163,000吨被用来制造硫酸氨。而硫酸氨其实可以直接制造出来，不必经过制造硫酸的中间阶段。**不幸，世界化学工业目前在前进道路上遇到很大障碍，因为它不得不在平时维持一个不经济的结构，目的是为了在战时迅速转而生产炸药和毒气。因而就不得不为这类目的维持生产硫酸的潜在能

* 为了解化学工业的近期前景，可参看H. E. 豪在《技术发展趋势》，第289页中的文章。

** 见《没有资本家的英国》第303页及以下。

力。事实上，为了维持化学工业的利润，在工业生产过程中浪费化学品的现象不是受到制止，而是受到鼓励。

为了需要而规划物质的生产　如果化学工业成为一个全面的工业综合体的组成部分，就有可能摆脱传统，为了最基本的需要而进行合理规划。所用的材料和生产这些材料的方法都要发生
369 变化。化学工业的最终产品有两类：由于它们具有的化学性质而为人们所需要的产品，如食物、燃料、溶剂、肥皂以及狭义的化学品；由于它们具有的机械性质或加热可熔化的性质而为人们所需要的产品，如玻璃和橡胶。关于第一类，我们可以说，在将来，品种和供应量都会大大增加，价格也会更加便宜。过去重化学工业集中力量大量生产硫酸和碱之类少数通用化学品；现在的趋势是有选择地生产比较适合特定用途的化学品。化学内部的新发展以及更加一体化的化学生产的新发展，都会为这种趋势提供推动力。

食品生产　可以预计，在借助催化剂用最简单的原料煤和空气制造复合物质方面，会有最惊人的发展。将来煤作为化学工业原料的重要性可能远远超过它作为动力来源及家庭取暖能源的重要性。高压在化学中的应用才刚刚开始；这会大大扩大产品种类。人们已经开始着手用化学方法制造食物。虽然这在技术上是可能的，不过除非为了备战，在今后一段很长期间，它不会比用生物方法生产食物更为经济或方便。但是食品工业一定会越来越多地采用化学方法。食品的加工、储藏和烹调的不同阶段都将用化学方法来控制。这就意味着化学工业愈来愈倾向于采用生物化学方法。这一趋势一定会影响其他工业，并在有控制的条件下接近酶合成有机物质的过程。这样最后就可能制出味道和营养价值都高于天然食品的复合物质。

药品　用合成方法制造荷尔蒙、维生素和特种杀菌剂等具有高度和特殊生物作用的药品，以代替原来从动植物中提取的药物并扩大其品种范围，是十分重要的。的确，这些物质需要量不会很大，但价格却需要很低，使人人都买得起。这就要求对精密化学工业进行相当大的改组，并使它同化学和生理学的科学发展保持更密切的关系。我们现有的药典从本质上来说是建立在传统经验和神秘医学理论基础上的。应该代之以崭新的药典，其中载有的药物的作用要通过临床和生化研究的通力合作为人们彻底了解。但是新药物将不但用于狭义的治疗，而且将用来对生理和心理状态进行更有意识的控制。人类服用通用药物酒精已经太久了； 370
我们为了应付各种紧急情况或为了娱乐可以使用一些不致上瘾的药物。

化妆品　化妆品和洗涤剂的生产是化学工业的一个很大的而且日益增长的组成部分。现在，在化学工业界，有人正在利用人们虚荣心和势利心理进行一种特别令人不愉快的讹诈，丝毫不顾及生理学的基本原理。可以肯定，如果化学工业充分组织起来，为消费者服务，而不是为利润服务的话，就有可能使人们打扮得又整洁又漂亮，而费用和麻烦却要比现在大大减少。在大多数情况下，更为合理的方法是研究和控制保持肤色红润的生活条件，而不是企图从外部改变人的外貌。在需要美容的范围内，倒值得我们去寻找和制造比目前使用的质地差而粗糙的化学品更接近天然皮肤产物的物质。肥皂就是自从日耳曼蛮族用来染红头发以吓唬敌人以来，一直基本上不变地被人们使用着的化学品的一个典型例子。它的洗涤作用还好，不容易同大多数的水混和，对皮肤的作用过于粗糙。我们需要另外一种具有中和性质的、可溶解的、具有表面活性的物质，可能是甾醇或胆酸一类的物质。它可以起

肥皂的一切功能而没有肥皂的缺点。

废物处理 化学工业应该象关心生产新物质那样关心废物处理。随着工业的增加和人口的集中，这个问题变得越来越急迫了。目前我们正在不断丢弃相当可观的一部分可供消费的物资，而且在这样做的时候还把城市和农村的舒适环境都破坏无遗。这在很大程度上是一个社会组织和管理的问题，不过化学工业能提供手段，使这种管理变得有效而且有价值。烟和有害的灰尘以及气体是一切城市的不快和疾病的一部分主要原因。通过使用适当的燃料和制备方法，可以在产生的地方制止大部分烟尘废气散发出来。其余的可以用电气方法或其它方法加以搜集。这些处理过程，虽然总是着眼于社会利益，但只有对大型企业来说在生产上才是上算的，因此，禁止散发烟尘废气的结果将使容易产生公害的工厂集中起来成为大型企业。回收有用的付产品也是一种节约。随着煤烟进入空气的腐蚀性硫酸数量几乎等于整个化学工业
371 的产量。英国的家庭火炉是主要的公害来源。在重新改造房屋和家庭取暖办法以前，只有广泛使用无烟燃料才能解决这个公害。另一种家庭常见的浪费现象所以值得重视与其说是因为那是一种公害，不如说是因为那是一种损失。由于扩大使用金属罐、玻璃容器及纸质容器，给已经很困难的动植物垃圾处理工作又增添了一个几乎无法忍受的负担。城市有了一个分类挑拣废物的良好机构，所有这一切都可以由化学工业回收或利用。工业废物和下水道是一个更加急待解决的问题。我们正在把磷一类的重要元素及有价值的复合化学品丢掉，污染江河湖海。通过生化控制方法和细菌控制方法，我们不但可以使这一切废水废物都变得没有害处（目前，我们对一部分废水废物已经做到这一步），而且可以回收利用其中很大的一部分。我们应该明白，工农业和人类生活的整

个物资吞吐都需要用化学方法加以积极管理。如果做到这一点，不用相应增加原料产量，就能使商品增加好多倍。

新材料 不过正是在制造新材料方面，现代化学工业才最突出地显示出它的力量。我们已经有了一些可以成功地代替天然产品的材料，如人造丝和电木之类的塑料；这个趋势可能变得越来越普遍。理论化学、特别是结构化学和胶体化学的进展，将使人们有可能根据所需要的性质来设计物质的结构。这个过程会象设计建筑物或机器那样直截了当。物质的确是可以加以构造的，不过建造单位是原子或分子，而不是成型材料的块块和条条。不论是为了直接供人们使用还是为了供某种工业生产过程使用，我们需要材料兼具某些特定性能——重量轻、坚韧、有弹性、质地硬、有加热易融性能、电阻性能或耐火性能。一种用途可能需要某一系列性能，另一种用途又可能需要另一系列性能。

例如，用来建造房屋墙壁的材料需要兼具一定的强度、重量轻和有抗热性能。到现在为止，用于这一用途的材料是天然产品和半加工产品的混合物——木料、软木、多孔砖和水泥、石棉等等，其中没有一种同时具有我们需要的所有性能。不过人们已经在实验室规模上制出了拥有上述所有性能的材料。充气胶体是一种重量仅及水的五十分之一，抗热性能比羊毛强好几倍的材料。制造方法是先以硅酸盐胶体为原料，在保持胶体不萎缩的情况下把水分除掉并代之以空气。*要经济地大规模推广这种制造方法可能还 372
需要若干年，但是事情很清楚，采用这种方法就可以制造出供房屋墙壁和房顶使用的理想材料（再参看边码第381页）。

同样地，现代园艺和未来的农业都需要一种透明材料，既能

* S. S. 基斯特勒，《物理化学杂志》，39期，第78—85页，1935年。

让可见光通过，也能让红外线及强光通过，价格又便宜，可以用来覆盖大的面积。已经问世的这种材料有双料玻璃纸和人造橡胶，不过重量仍然太大、价格太贵、不能满足所有这些需要；科学研究会再度帮助人们克服这些困难，使农业完全改观、实际上不再依赖气候条件。

迄今我们所需的坚硬和耐熔材料仍然几乎完全依靠天然材料，例如铝石和金刚砂。不过我们开始从现代化学中知道：有很多元素化合物的硬度和熔点可以比地球历史上偶然产生的元素化合物高得多。我们已经有了钨—碳—钴合金(碳化钨)，用它来对玻璃进行加工就象对金属加工一样方便。进一步扩大这类材料就会给机械工程实践带来一场彻底的革命。

新生产方法　　这些事例理应能充分说明化学在创造新物质和新材料方面所提供的可能性的开端。化学工业中采用崭新方法的前景，即令不是更重要的话，也是同等重要的。化学工业迄今关心的主要是节省原料。化学工业认为，产品的产量同可以制成所需材料的原料之间有一定比例。它相当注意生产时间，认为浪费时间就是浪费昂贵的工厂设备，不过它却不那么注意节约能量。除了制革业和酿造业的动植物产品之外，早期的化学生产过程大多数是在炉子中进行的，即使到现在人们仍然在高温下进行过多不必要的化学反应。把科学应用于化学的结果，人们就会用低温、电化学、催化或酶反应来代替这些老方法。

化学工业比几乎一切其他工业都更加依赖许多工序之间的密切相互关系。因此，垄断的倾向在这个工业中，比在许多其他工业中有更天然的基础。不过任何化学工厂中的工序的组合，都仍
373 然带有过多的偶然性。用科学方法使一切化学工序真正协调起
来，并使其具有必要的灵活性，可以顾及各种新的用途，就能进

一步节省原料和能量，从而使化学试剂和原料更加便宜，供应量更加充沛。

运 输

运输问题从本质上来说与其说是纯科学性的问题，不如说是社会性和经济性的问题。除了游览性质的旅行之外，需要运输的人员和货物总量部分地是由某些自然资源的位置或者使用这些资源的机会决定的，不过在更大程度上是由经济制度的完全无计划的混乱状态决定的。改善这种情况也许要比对车辆和船只加以任何技术改进都更能帮助改善交通运输。在运输的经济学中，要顾及两个因素：运输货物和乘客时所花费的时间的价值以及运输货物和乘客所需能量的消耗。

迄今人们最注意的是第一点。人们不顾燃料的浪费而大大提高速度，而且的确达到了荒谬的程度，这样人们就按照速度方面的最大限度效率来设计引擎，可是由于道路质量差，由于还有其他车辆，实际上是永远达不到这种速度的。人们通常不明白，一辆优质汽车的机械效率仅为百分之八，而且时髦而无用的流线型造价和广告费用之类非必要费用至少占它的价格的三分之二。*实际上，如果人们都不觉得自己驾驶汽车或由别人驾驶汽车兜风是一种乐趣的话，我们就应该把在这种事情中所耗费的千百万工作时看作是纯粹浪费。

空中运输 应该有可能从旅客的观点出发来消除旅行不便的现象。要末使运输速度极快，要末设法使人可以在旅行时十分

* 见《明天的工具》(Tools of Tomorrow)，诺顿·伦纳德。

方便地进行正常生活活动，或者两者兼而有之。第一个办法要求进一步改进飞机，但是除了长途旅行之外，第一个办法不可能收效。由于空气阻力，在低于同温层的空中很难达到每小时300英里以上的真正高速度。而在良好条件下，至少需要一个小时才能达到同温层。无论如何，起飞和着陆都很费时，以致在不到半小时的飞行中就不值得采用高速度。自然，一旦发明了有效的、小巧
374 而便宜的旋翼机或者直升飞机，情况就会改变，因为直升飞机更加灵活并且可以在目的地附近升降，速度减少很多也不要紧。

旅行中的舒适 谈到第二个办法，我们感到轮船或者铁路客车几乎完全满足了旅客想要在旅途中按照自己的意愿从事各种有益活动或娱乐的需要。把汽车设计得使乘客感到同样方便按理说也不是不可能的。不过汽车的最大缺点之一是：它主要是供个人或人数不多的乘客乘用的，所以驾驶员的人数几乎等于乘客人数。如果驾驶自动化或半自动化，就可以消除这种差别。在长途行驶中完全可以做到这一点。事实上，人们已经在建造复线公路，设立信号体系，朝着这个方向努力。不难为使用这种公路的一切汽车设计电磁控制器，以保证它们彼此保持一定距离并且在超车、停车或转弯时驶离长蛇阵。如果可以使这种设备不出毛病，人们除了取乐以外就不必去驾驶了，而且不用驾驶员就可以把货物运送到各处去，只要在一张打洞的卡片上指明路上有关的转弯处就行了。

可是目前最令人恼火的与其说是城市之间的交通，不如说是城市中的交通、特别是每天必不可免的往返市郊的麻烦。在这里，现代城市及城市中各种职业的无计划的发展，使交通如此拥挤，以致行车速度比骑马还要慢，在某些情况下，甚至比过去走路还要慢。有了合理的城市规划，市内和郊区的很大一部分交通就不

必要了。这样通过一个设计得有条不紊的计划，就有可能大大简化剩下来的交通。解决城市交通问题的办法也许是，在比较拥挤的中心区更多地使用自动电梯和传送带，在郊外则使用有加速和减速月台配合的過台不停的火车。

货物运输　货物运输主要是要做到经济而不是速度快，不过由于调整生产单位布局，使运输成为不必要而收到的节约效果，可以相当于或者甚至超过运输本身的节约。只要把工业充分分散，需要长途运输的货物就只限于在本地生产起来不方便的货物，即某些矿产品了，或者更正确地说，用矿产品制出的成品，以及热带水果之类的食品。在这个问题上，要陆地运输达到目前海洋运 375
输的效率还需要一段很长时间。海洋交通本身也可以通过科学地设计船舶和发动机进一步加以改进。

进一步的可能性　所有上述一切发展运输的可能性都是马上做得到的，不过要是科学能够发展下去，我们还可以期望更多革命性的变化。火箭推动可能成为两千英里以上的长途旅行的最快和最有效的方法，而无线输电的可能性则会使空运事业面貌一新。同时，如果用交流电磁场之类装置支撑并推动车辆，使车辆稍离地面而不同地面接触，就可以使陆地交通免除地面摩擦，这样空中运输便会遇上有力的竞争对手。人们实际上已经在二十年前小规模地做到这一步了，后来飞机的发展转移了人们的注意力，再没有人尝试进一步加以发展。

分　配

工业生产在十九世纪有规模空前的增长；因此，到二十世纪分配系统也随着发展起来。其实个人并不比以往时代多消费多少

东西，不过由于生产变得地方化或者需要新的交通方法运输，所有的人都得依赖分配系统来取得大部分消费资料。据1937年6月份的统计，在英国有2,700,000名享受保险待遇的人员从事商品分配工作，而从事生产的人员却只有7,700,000名。然而这样庞大的现代分配系统却是以极其偶然的方式发展起来的。只有自来水，煤气和电等流体商品的分配还比较合理。科学可以为分配工作带来的节约，与其说是技术方面的节约，远远不如说是经济方面的节约。而且只有在整个生产和分配都社会化的社会中才能收到效果。这些节约方法都是很值一试的。目前由于不能有效地进行分配，消费品浪费很大。

食物 据一项零售额研究材料估计，居民每户每年所消费的食物的金额为304.8英镑，同适宜的食物消费量的估计数字317英镑相当接近；*不过根据约翰·奥尔爵士等人的研究，我们知道，有一半居民实际上没有吃饱，有五分之一的居民完全营养不良。肯
376 定有一定数量的食物纯粹是由于富人吃得过多而消耗掉了。他们所特有的一些疾病的盛行证明了这一点。不过能够吃得过多的人是不多的，而且人的食量到底有限，这种浪费不会太大。中产阶级也许多吃了一些食物，占了便宜，因为最适宜的饮食肯定比我们提出的最低标准多。不过大部分食物几乎肯定是由于我们的分配系统不合理，由于没有及时收购足够数量的食物并加以储存，而完全浪费掉或者丢弃了。必须使食物的分配合理化；由于这是头等的必需品，显然应该在纯生物学的基础上进行分配。每人有法定权利取得充足的各种食物以便得到最适宜的饮食，并有相当的选择自由。在技术方面，主要问题是有关食物的生物学工程问题。

---

* 工程师经济学研究小组，《关于食物的中期报告》。

要把生产和迅速运输的适当手段同改善储存以保存食物营养价值的方法结合起来。

商品　至于其他不那么急需，而比较有选择余地的商品，我们必须制订出一个制度，使人们可以用他们自己喜欢、社会又花费最少的方式，取得他们所需要的大部分东西。在理论上，这原是私营企业系统理应做的事情，但在事实上，它却显然没有做到这一点。私营企业本身正明显地在垄断中走向灭亡。我们有必要对需求、资源和手段，自觉地加以规划以代替私营企业。可是这个问题比分配的问题重大得多；它仅不过是新文明的基础的一个方面。

通　讯

通讯问题同运输问题一样，与其说是技术问题，不如说是社会问题。对电报之类发明的社会功用是很难估计的，因为它在事实上更多地用于传送商业投机情报和耸人听闻的新闻，而很少用于对社会有益的用途。但是不论这些通讯工具的起源和存在理由何在，我们显然正走向这样的一个阶段：人人都能用尽可能完善的方式随意立即同任何别人进行联系，已经成为一个确定的、可以实现的目标了。*我们已经有了电视电话服务系统，当前的发展趋势显然是要使电视电话用费更为低廉，更便于使用。现在，通讯事业同政府和垄断集团关系过于密切，不能充分为人们提供方便。目前的主要技术困难是在发报方面。按理想来说，人人都应 377
该可以携带轻便发报机进行私人联系。如果普遍做到这一点，个

* 见《技术发展趋势》，第210页及以下。

人就会有更大的自由来散布政府可能认为不好的消息，所以，我们可能要得等待相当长的时间，才能充分供应私人通讯的设施。

比较公开的通讯形式，如电影、无线电和电视的发展，一定会发挥越来越大的作用。虽然它们作为娱乐工具的用途不致于减少(见边码第 358 页)，随着它们变得更加完善和普遍，它们可能还会有其他用途。人类在一切领域中的合作都将不受地点的限制，把散居世界各地的有特殊兴趣的人组成为团体已成为切实可行之事了。事实上，无线电业余爱好者多年来已经做到了这一点。

取消单调乏味的工作　应当发展崭新的传达和记录方法，以取消速记员、打字员和印刷工人的无意义的单调乏味的工作。我们已经有了利用普通打字机键盘工作的、以照相方法操作的晒版机，把铸字和排字过程*都取消掉了。这种机器可以用有线电或无线电操纵，而且假如同微型胶片结合起来，还可以使在任何地方打出来的资料都能立刻付印，取消排字工作。再进一步就是取代打字员，以声音来操纵打字机或者更直接地录音，而所记录的内容可以方便地拿来阅读。到最后，这就可能只是一种简单的表意文字，再进一步加以发展就可以取代语言和写作。人与人之间就可以心有灵犀一点通，但不是靠了神秘而无效的精神感应术，而是靠了对大脑的电神经学的了解和应用。将来的通讯将远远不止是两人之间的通讯。即使在现在，大部分通讯也是公务性质的，而不是私人性质的，这种公务性质的通讯有很大一部分——广告、招徕生意的传单——带有寄生性质，是组织得很不好的经济的一种反映。从一个组织完善的社会的观点来看，眼前的几乎一切货币和商业交易都属于这种类型。即使把这些取消掉，日益复杂的

---

* 我们已经以照相方法操纵了利用普通打字机键盘工作的晒版机。

人类文明，也将很快地使人们的通讯需要达到原来的水平或甚至超过它。这往往会成为行政工作人员的不可忍受的负担。只有提高工作的自动化程度才能减轻这种负担。

自动化　迄今自动化仅限于自动电话机之类的通讯装置；应该把自动化扩展到通讯本身上去。要使机器用不着人的干预就 378
能彼此通话。人们已在电力生产网中取得了类似的成就；可以把这种自动化推广到一切类型的生产事业上去。这样，在生产汽车或者房屋之类的复合单元时，就由社会确定总产量，一旦决定了，同一工厂或不同工厂生产的每一种零件的生产进度就要根据总产量来调节。这同高等动物和人类的神经控制的发展方向是一致的。在高等动物和人类的神经控制过程中，意识是专门用来应付最困难的动作的，连走路，消化之类复杂的动作也由大脑的低级神经中枢来指挥。

管理和控制

随着文明的总框架变得越来越复杂，妥善的管理和控制也变得极端重要了。无政府状态的私有经济或者愚蠢的官僚主义都会破坏可以从技术进步中得到的大部分潜在好处。我们有必要把科学应用于行政管理领域，否则文明便会被自己的产物所扼杀。要在两个相反的意义上前进：一方面要使日常工作简化和自动化，另一方面要大大加深对指导和计划工作的认识。分配和通讯中已经使用的新装置可以立即用到行政管理上去。特别有价值的是以卡片、胶片或电气工具处理统计资料的办法。采用这种办法，人们就有可能收集和使用精确的预测和规划所不可缺少的大量资料。不过要特别注意不要因此过分死呆，达到危险地步，以致使

得人受机器支配。防止这一危险的唯一办法是培养出一批能够理解一个复杂社会发展过程的内在机制的实用社会学家、同时实施普遍的社会教育和训练，使每一个人都能多多少少理解并积极参预这种发展。在现代条件下，行政官员必须正视的一个重要问题是怎样为各类事业划定最适宜的区域。*运输通讯的发展使现有行政区域对配电等重要公用事业变得完全不适用了，而且事实上也变得完全没有意义了。一方面，这说明，即使不能在全世界范围
379 内，也应该在各大洲的范围内，对这类公用事业实行集中的管理。另一方面，现在世界各地都能经济地生产种类更多的商品，但目前商品的不必要的交叉运转又造成很大浪费，说明需要大大分散。没有什么理由可以说这两者一定是相互矛盾的，不过把两者结合起来而形成的组织形式，显然会比我们目前现有的组织形式复杂得多。只要加以合理规划，它倒不一定十分复杂。目前的组织形式所以复杂主要是由于在西欧或者美国那样的社会通过技术大革命成长起来的时候，没有对行政管理进行任何彻底的改革。应该有可能建立起一种灵活而合理的行政管理制度，既能保证经济效率，又能保全和促进民族和地方文化特点。

科学的总效果

要全面描述或者理解科学对人类生活条件所可能产生的影响肯定是很困难的。我们总是过分依据现在的情况来预测将来的可能性。如果将来的可能性仅仅遵循现有的趋势，那就什么变化也没有了；如果将来的可能性大大超出目前的趋势，就会给人以不

* 见《技术发展趋势》，第36页。

真实之感。不过，人们提出的具体不同意见和明显的客观限制都不应该使我们看不到科学的功能的范围和重要性。科学的功能有两个主要方向：消除可以预防的人类祸患；开辟可以满足社会需要的那种新的活动领域。关于第一点，本章的扼要介绍已经有所说明。科学可以消除食物不足、工作单调乏味、健康不良等现象；它可以为个人和社会发展提供机会。第二点则比较难以具体说明。因为新社会的人们究竟要利用科学从事哪些积极的活动要由他们自己来探索，而不能由我们来探索。他们将为了这些活动本身的乐趣而从事这些活动，也将为了这些活动所可能带来的好处而从事这些活动。

人类的主要任务　人类面前仍然有巨大的任务——最终地征服空间、征服疾病，征服死亡，尤其是征服他们自己共同生活的方式。苏联征服北极的工作，就是人类未来的活动的先声。有了一个组织完善的世界性社会，这类工作还可以大大向前推进。今后的问题将不再是怎样使人类适应世界，而是怎样使世界适应人类。例如，现在的北极及其一望无际的冻土、冰河和冰海是冰河时代地质变化的遗迹。它到时候会自行消失，使世界成为令人舒适的地方，但是没有理由说为什么人类就不能加速这个过程。用 380
巧妙的方法使大洋暖流转向，再采取某些办法对冰雪着色，使冰雪在日光下融解，就有可能使北极在某一个夏季消除积冰；这样的一个年头就可能打破原来的平衡，永远改变北半球的气候。类似的巨大任务是对海洋、沙漠及地下热加以利用。除此之外还有其他任务。人类社会或由之产生的任何社会，如果想要逃脱不可避免的地质灾变或宇宙灾变带来的彻底毁灭，就必须找到逃离地球的方法。不论在目前看来宇宙航行是多么具有空想性质，它的发展却是人类生存所必需的，即令人类可能在几百万年后才用得

着它。在发展中的人类面前，必定还有我们现在无法想象的其他必要任务，科学在完成这些任务的过程中必将发挥应有的作用。

是帮助科学完成其使命还是给科学泼冷水？　可是科学所提供的新生活的前景和新的活动的可能性，再也不能象罗吉尔·培根时代到 H. G. 韦尔斯早年时代那样引起人们的极大热情了。在文学界，甚至在科学界中常见的这种保留态度，部分地是由于人们对迄今科学所取得的成就感到失望，部分是由于人们没有认识到科学中人道的和富于诗意的因素，部分地则是由于人们完全不能设想同今天的生活方式大不相同的生活方式。

在目前的政治和经济制度下，这种保留态度完全是有理由的。正由于过去成功地把科学应用于工业，我们才陷于这样一个境地：战争和经济危机不但不是遥远的偶然事件，反而成为家常便饭。在现有经济制度下，如果科学朝这个方向进一步发展，这种结局就更加肯定而且有更大的破坏性。因此，无怪乎科学家自己和普通大众对整个科学应用于工业的前景没有多大热情，虽然他们并不反对科学带来的某些小的便利。科学应用于工业的前景恰恰有力说明，目前的状态极其不合理。这说明人们在技术上完全有可能妥善安排生活，而不必有目前的生活的大多数危险和许多不便。这种生活能把人类解放出来以从事新的和预见不到的任务。在这些更大的可能性对比之下，那些仅仅比照过去看今天的人们就可以更清楚地看出目前的经济、社会和文化生活的混乱和衰败程度。但是，一但我们承认有可能而且事实上还有必要建立一种能够实现这些可能性的经济和政治制度，这种反对发展和应用科学的论
381 点就站不住脚了。因此，为了人类利益，也为了科学本身的利益，我们必须努力去促进这个制度的建立。

抛弃乌托邦　人们所以反对科学的发展和应用，还有一个

原因。这就是他们不愿意把一个科学管理的世界看作是一个值得为之奋斗的事业。这种态度归根到底是一种感情用事的反应，是一种渴望过比较简朴的生活而不理解那种生活的艰难困苦的幻想，也是看到比较幸运的阶级的景况而产生的一种错觉。这种态度流行于文学界是不足为怪的。它出现于E．M．福斯特的《机器停了》或者奥尔德斯·赫胥黎的《崭新的世界》等著作中。不过这种态度产生的原因主要是因为乌托邦作家们没有能描绘出令人信服的或者引人入胜的境界。以H．G．韦尔斯为杰出代表的乌托邦作家们象批评他们的反动评论家一样，都是目前现状的受害者。他们的描绘所以不能令人信服，主要是因为他们不理解社会力量，仅仅按照现状设想物质上和生物学上的发展。除了象威廉·莫里斯的《乌有乡消息》中描写的那种只有情操细节没有别的内容的富于诗意的幻想之外，所有的乌托邦都有两种令人厌恶的特征：由于组织完善而缺乏自由以及相应地无所作为。评论家们感到，做一个现代乌托邦的公民，便是自生至死都得到妥善的照顾，不需要做任何困难或费力的事情。乌托邦国民尽管身体健康、一表堂堂、和蔼可亲，却似乎太象机器人和道学先生了。平心而论，如果这便是将来所能提供的一切的话，那就似乎不值得牺牲目前这么多东西了。

新的文明：自由和斗争　无论如何，要使现在的人接受新文明中的人物是很困难的；由于人们对未来的人作了根本错误的描述，人们就更其难以接受了。一种建立在传统技术基础上的社会生活和一种建立在科学基础上的社会生活之间的巨大变化（我们正看到这种变化的开端）自然要反映在对自由所持的完全不同的态度上。十九世纪的自由仅是一种虚假的事物。在这种自由中完全没有对必然性的认识。这种自由的基础在于通过市场表现出来的

社会关系。按照自由主义的理论，一切人对自己所有的一切都应该有自由处置之权，无论是买也好卖也好、工作也好不工作也好。其实，他们都得服从铁的经济学法则：这些法则是由社会形成的；但却被当做自然法则，因为人们不理解它们（参看边码第 344 页）。在一个一体化的自觉的社会里，这种自由观一定要被另一种自由观所取代——自由是对于必然性的认识，每一个人只要认识到自
382 己正在一项共同的事业中发挥一种自觉的和确定的作用，他就是自由的。我们极难理解和欣赏这种自由；事实上，只有当我们生活在这种自由当中的时候，我们才能充分理解它。我们时代的可怕的斗争和苦难主要是由于人类迟迟难以学会运用自己的新力量。这些力量和以往一样仍然是个人的力量，不过到那时个人将自觉地同社会一起表示自己的意见，而不是象目前那样不自觉地通过社会来表示自己的意见。考虑到人类面临的任务的巨大，考虑到使人的欲望适应这样一种新的体制的任务的巨大，看来，去设想人类可以优游岁月的乌托邦，就太荒谬了。困难和斗争将会和以往一样多，不过将属于另外一种性质。目前人类在制止细小的、可以预防的弊病方面浪费了大量精力。虽然从技术上来说，已经可以做到免费供应基本必需品，可是人们还在为取得必需品而斗争。可以预防的疾病和完全不必要的社会和家庭烦恼把人们都拖累倒了。不过，即使消除了这些烦恼，也并不就等于说，可以舒舒服服无所事事地过日子。解放出来的精力将用于更有意义、更艰难的任务——建立一个真正有机的社会。

对人类的信心 人们为什么认为建立科学的世界秩序是不可能的呢？或者人们为什么认为科学的世界秩序即使做得到，也不值得去争取呢？原因就在于人们对于人类根深蒂固地缺乏信心。怀疑论者看到了世界目前的状况，看到了人们麻木不仁地甘心接

受现有的极端苦难。他们没有认识到：这正是既得利益集团为了维持一个违反时代潮流的不稳固的经济制度而有系统地——虽然不是自觉地——促使人们堕落的结果。他们也没有认识到人们为了反对这种经济制度正在展开的、表面看来没有希望但却永存不朽的斗争的意义。新世界并不是从外面强加于人类的东西。新世界将是由人类创造出来的。创造这个新世界的人们及其后代将知道怎样来管理它。从基于理解的行动中产生出来的自由和成就总是会不断增长的，虽然永远也不会完备无缺。乌托邦并不是一个幸福的心醉神迷的境界，而是继续进行斗争和继续克服困难的基础。

科学和社会

我们已经谈过科学在两个方面的应用：用于直接满足人类需要以及用于生产事业的生产过程，借以满足现代社会的人类需要。这些虽然都是科学的最直接的用途，却并不是科学在社会中仅有的用途。迄今科学仅仅被人当作一种满足欲望的手段加以利用， 383
而科学本身却和这些欲望无关。科学好象是不相干的社会力量的奴仆；它好象是一种外来的不可理解的力量，有用处，但却是危险的东西。它在社会中的地位就好比是某个蛮族君王宫廷中被俘的工匠。这在很大程度上的确很能说明科学在现代资本主义社会中的地位。但是如果这便是全部情况，我们无论对科学也好，对社会也好，就不能抱什么希望了。幸而科学还有第三个而且是更重要的功能。它是社会变革的主要力量；它起初是技术变革、不自觉地为经济和社会变革开路，后来它就成为社会变革本身的更加自觉的和直接的动力了。迄今人们对于科学的这种进一步的作

用没有什么认识；人们要满足的需要要末是对食物和住房的基本生理需要，要末是通过财富的积累而在社会上取得权力和声望的比较间接的需要。科学就是在满足这些需要的过程中成长的，不过随着它的成长，人们就更加理解它的功能了。科学已经不再是怎样千方百计满足支配科学的人们的上述欲望的问题了。现在我们在更广泛的范围论述了人类社会面临的一项任务。这个任务已经初露端倪了。那就是，要把全体人类保持在身体健康而又有效率的水平上，最好的办法是什么呢？一旦达到了这个起码标准，我们又怎样才能利用社会和文化发展的最大潜力呢？这是我们时代的关键问题。要解决它们，首先就要大大扩大科学的领域。不论有多少物理学和生物学知识都不够用。解决问题的障碍不再主要是来自物理学或者生物学领域了；阻力来自社会。要应付社会阻力，首先必须了解社会。可是假如不在同时去改革社会，就不可能对社会有科学的了解。现在的学院式的社会科学对于这种目的完全没有用；必须对这种社会科学加以扩大和改造。社会科学必须同塑造它的社会力量保持联系，才能成长起来。

第十五章　科学和社会改造

社会条件和科学

我们已经依次研究了科学目前的结构、它可以改进的地方以及这种改进可能产生的结果。应该明白，如果要使科学可以充分地为社会服务，就必须进行变革，而且必须进行相当激烈的变革，不过指出必须进行改革，仅仅是促成这些变化的一个虽然必不可少、但却是很小的步骤。我们将在这一章中考虑这些变革的前景以及阻碍或者推动变革的力量。这不单是一个科学的问题、甚至根本主要不是科学的问题。正如我们已经说明的那样，要想使科学组织发挥应有的作用，就需要对社会的经济和政治组织进行适当的改革。如果没有这些改革，即便能在科学上作一些小小的改进、纠正某些弊端，也不能使目前的效率低下的、浪费的和令人沮丧的制度产生根本的变化。

科学如何改变社会

所以改革制度对科学和社会来说都是同样必要的。为了实现制度的改革，科学家必须和力求达到同一目标的其他力量一起发挥自己应有的作用。科学主要是一种改革力量而不是一种保守力量，不过它的作用的全部效果还没有充分显露出来。科学通过它所促成的技术改革，不自觉地和间接地对社会产生作用，它还通

过它的思想的力量，直接地和自觉地对社会产生作用。人们接受了科学思想就等于是对人类现状的一种含蓄的批判，而且还会开辟无止境地改善现状的可能性。科学家一定要把发展和传播这些思想当作自己的工作，不过把这些科学思想化为行动却要依靠科学界以外的社会力量。自从现代科学产生以来，这个过程就一直
386 在进行着，不过却是零星地没有配合一致地进行着。今后的任务是要使科学家的工作更加自觉、更有组织、更有效果；促使人民大众对科学家的工作有适当的认识，而且把两者结合起来，以便共同努力在实践中实现科学所提供的可能性。

科学对于生产方法的影响 科学通过它对生产方法的无情影响所发挥的间接作用目前是，而且很可能在今后很长时期内仍然是它发挥作用的最重要的方式。在这个意义上，目前世界所面临的困难是科学造成的，而且完全是由科学造成的。科学并不是直接造成这些困难的，不过它的确促进了技术的发展。而旧有的经济和政治制度则越来越变成一种束缚这种技术发展并使技术不能正常发展的障碍物。科学提供的可能性，只有通过在全世界建立一个新的、有秩序的和统一的政治和经济体系才能得到实现。在科学这样地促成社会变革的过程中，并不需要科学家抱有任何自觉的目的。他们是通过自己的工作，而不是通过自己的经济地位、社会知识或者政治信仰而证明自己是如此有力量的。他们所施加的力量正由于其盲目性而显得格外无情。只有完全取消科学，才能制止科学促进社会改革的作用。现在我们看到，又有人半心半意地心慌意乱地企图压制科学。这种企图所以必然是半心半意的是因为，虽然大多数国家的当权者都认为科学是一种引起社会和经济紊乱、因而危及他们的地位的因素，但是在我们目前的社会中，科学仍然是在和平时期谋取财势和战争时期争取胜利所不

可少的东西。于是有人试图把这两个方面加以区别，除非把科学应用于上述目的，否则就要压制科学或者不加鼓励。我们所谓的对科学的摧残正是指这种并没有自觉的目的而对科学进行压制所造成的后果。

意识到这种摧残　科学家意识到这种摧残，就被迫去探索控制着科学本身的发展的一些因素，并且问道：科学为什么会受到这样的阻碍，不能正常发展呢？许多不同领域的科学家长期以来已经联系到自己的工作而深有此感。不过直到今天，这种思想才越出各学科的界限，被看做是普遍情况的反映。科学家已经起来要求让科学发展并利用科学为人类造福而不是破坏人类，虽然这种呼声的力量还不象科学家工作所造成的直接后果那么大，毕竟是一种值得重视的力量。因为除非能满足这种要求，否则，在目前经济制度下科学家就会从心甘情愿合作逐渐变成勉强同意，最后还会干脆拒绝合作或者暗中加以破坏。同时在另一方面，群 387
众力量将从科学家那里了解到：科学家和人民都还无法控制的社会力量怎样阻挠人民得到科学所可能带来的好处。

今天的科学工作者

但是这种平行的发展能不能成功不仅取决于当时的环境，而且取决于科学家自己的地位、性格和目的。上世纪和本世纪的科学发展一面使科学家人数倍增，同时也产生了与现代科学奠基者类型十分不同的科学家。由于科学变成了人类社会的一个公认的组成部分，于是科学家往往失去他的大部分独创性和独特性，变得越加融化于一般自由职业者之中了。要考察科学在社会变革中可能起的作用，就必须把这一点考虑进去。

科学家即使在过去曾经是一种自由自在的力量，现在却再也不是了。他现在几乎总是国家的、一家工业企业的、或者一所大学之类直接间接依赖国家或企业的半独立机构的拿薪金的雇员。由于他需要维持生计，因而科学家真正的自由实际上仅限于支付薪金的人所容许的活动。联系到战争和现在在科学工作中日益重要的备战工作，就可以十分清楚看出这一点。虽然许多——即使不是大部分——科学家反对利用科学进行战争，拒绝做这项工作的科学家却有如凤毛麟角。他很明白，如果他这样做，他便会失业，有人还巴不得去接替他的工作呢。

在经济上的依赖性 科学家在经济上受到双重挟制。不但他个人的生计，从长远来说取决于他是否能讨好他的雇主（这一点甚至可能不是主要原因），而且作为科学家，他必须有一个往往成为他自己的主要生活动力的工作领域。为了取得这个工作领域——从事科研的机会、购置设置和雇用助手的经费——单单不得罪施舍金钱的当局还是不够的；他必须设法主动去讨好他们。教书的科学家，处境亦复相似；他自己在经济上可能并不拮据，不过他得考虑到自己学生的生计。他不希望看到他们由于出身于一个进步观点流行的学校或研究所而受到歧视。除了这种经济压力
388 的影响之外，还有多少是有意识地操纵的人才选择办法。这种办法使一般遵奉时尚的人肯定占上风，特别是在争夺高级职位的时候。

遵奉时尚的倾向 社会环境的无孔不入、不知不觉的影响的重要性至少不下于这些直接经济因素。我们已经知道：科学人才的挑选和培养办法对形成科学家遵奉时尚的性格的确起了极大的作用。主要从中产阶级家庭挑选人才的办法本身就会造成科学家接受现状的局面，而且不可避免地也要影响出身于工人家庭的

科学家接受现状。科学家在工作之余一般无殊于别人。不论他的社会出身如何，他的工作总是会使他置身于中产阶级的自由职业者中间。他大体上总是倾向于遵奉中产阶级的态度和观点。在科学发展早期，情况就不是这样。那时科学家寥寥无几，在人们意想中，他总是思想古怪，行为乖僻。科学的大规模发展使许多人进入了科学界。他们关心的主要是要尽量显得象一个商界人士或者绅士。这一点尤其适用于出身工人家庭的科学家。他们在目前教育制度下曾经进行过艰苦的奋斗，因而不能象拥有家财的科学家们那样显得同自己的同事和经常同自己来往的人有所不同。在这里并不存在有意识的压力，只是存在着一种普遍遵奉公认标准的气氛。

"我认为科学工作者协会的典型会员是一个十分平常的个人。他在某大企业中工作，并探索把镍加进公共汽车弹簧钢中的最好百分比或者从白喉患者的喉头摘取不受沾染的细菌培养物的较好办法之类点滴真理。他拥有花了不少钱，费了不少心血才得到的科学学位。他的妻子儿女住在巴尔汉姆。他每周薪金为五镑，但在接到解雇通知一个月后即告终止。他看到同一单位中的一些其他的人，除一张利嘴和一身整洁的衣服之外什么资格也没有，可是他们作为推销员拿到的薪金比自己多一倍。他不得发表自己研究的成果，不过如果他果真的碰巧发现一个的确有价值的真理，十之八九，他的部门领导人要设法取得这一发现的全部荣誉——以及随之而来的金钱。

这个人是应该加入科学工作者协会的"千千万万人"的一个典型。我和他们不少人有私交。他们在生活中的主要目的无殊于你和我。他们希望多赚一点钱，以便舒舒服服地过活，

希望稍有积蓄以防年老和生病时有不时之需，希望有一点余暇和金钱以便通过旅行和探求非商业性知识以增长见闻，希望教育子女，至少使他们具有不下于自己的知识，可以接自己的班。他们特别希望消除经常存在的那种恐惧：接到通知一个月后离职并随之失业一年。

389 这些人所以从事科学工作，是因为他们喜欢科学工作。他们的工作本身就是一种乐趣，但是他们所以从事某一个职业、干着别人叫他们干的而不是自己愿意干的事、遵照指定的途径前进，而不能转到他们认为他们有可能作出重大发现的支路上去，尽管他们如果这样做就有可能进入皇家学会——他们所以从事这样一个职业的原因是：这是他们的生计所在。

他们不愿意参预国务会议。他们所以要传播科学真理，是因为他们看到这样做的人取得了这种或那种的利益。他们所以要灌输崇敬科学的思想，是因为这会增加自己的体面并使自己获得较好职业。"《"伦敦会员"来信》，见《科学工作者》第9卷第5号，1937年，1月。

科学癖好　促使人们决定从事科学工作的许多特殊性格实际上助长了这种唯唯诺诺的态度。科学家仍然是一个肯定心理不正常的人，虽然不象过去那么经常如此，也不象过去那么显著。他为好奇心所驱使而力图去满足这种好奇心。为了能做到这一点，他愿意适应任何一种生活，只要这种生活在精神上和物质上对他关心的主要事业干扰极少。舍此之外，科学本身是一项极其令人满意的职业；从事科学工作能使人不去注意外界事物，因而也可以为感到世事痛苦的人们提供安慰和逃避的手段，所以只要科学本身不受威胁，大部分科学家可能都是最恭顺的公民。如果资本主

义制度能做到没有战争和法西斯主义，它就可以万无一失地指望继续得到一般科学家，甚至许多当代最伟大的科学家的支持。

科学和宗教　科学和宗教之间的关系的变迁是近代科学家遵奉时尚的倾向的一个很好的例子。自从科学和宗教的斗争成为知识界斗争的焦点以来，到现在还不到一百年。科学家过去实际上等于是无神论者、或者至少也是不可知论者。现在双方都向我们保证说：宗教和科学之间的斗争已经由于发现两者之间并无矛盾而获得解决，同时著名科学家们在支持关于宇宙和人类生命的神秘观点方面也不甘心落后于主教们。前后情况所以不同丝毫不是由于先前论战中的论点已经被否定了，而是由于宗教在十九世纪中叶的确企图干涉日益发展的生物学和地质学。科学家不希望 390
被人认为是不信教的，可是他们在当时却面临着一个为难的抉择：要末自己就得表现出是信教的，要末就得否定自己的研究成果的明白含义。只要人们不再正式要求他们否定自己的研究成果，后来的科学家是极其愿意回到宗教那里去的，因而就是回到遵奉时尚的作风上去。俄国革命发生以后，这个变化尤其明显，因为那时宗教作为反革命力量的重要性又得到了充分的赏识。在早些阶段、在十八世纪末，也产生过类似的情况。那时科学和伏尔泰式的自然神论密切地、似乎也是无可避免地结合在一起。但是一当法国革命表明自然神论对现有秩序具有确定的危险性，科学也一度同样受到禁止。一直到十九世纪早期人们发现有可能把安分守己的科学同皈依教会和国王的态度结合起来的时候，才取消了禁令。

狭隘的眼界　科学和宗教的关系极其明确地说明，社会环境对科学家自己的工作的直接学术成果的影响是多么有力。社会环境中充满了激动的情绪，而科学却是小心翼翼地清除了感情因

素的。社会环境一直是无所不包的，而科学则是高度专业化的。这些优点又由于十九世纪产生纯科学观念而得到增强。由于科学教育和科学传统坚决要求通过专业化培养技术能力并且否认科学与社会之间存在任何有机联系，因此，在科学家看来，科学本身似乎就只是一种狭隘的教条，不能满足他作为人的一般需要。为此他就求助于一切与科学无关的当代各种有影响的事物：宗教、神秘主义、唯心主义的哲学或美学。其中没有一种能很容易地同他们的科学调和起来。于是，他们就养成把头脑分成若干互不通气的区域的习惯。十九世纪伟大科学家的生平是这一态度的极其明确的例证。这种态度和十七世纪把科学扩大到政治、哲学和宗教领域的习惯形成鲜明的对照。伽利略对神学的兴趣和普里斯特利对政治的兴趣，同法拉第的桑德曼教式的宗教虔诚或者克鲁克斯① 的唯心论明显不同。这种态度的影响所及不但拆散了科学和社会运动之间的联系，而且也对科学产生反作用，使科学内容由于专业化和缺乏哲学的广度而变得贫乏了。

科学界的老人统治　　我们前面指出的影响是对科学家个人
391 产生作用的一些影响。在研究社会对整个科学的影响时，就得考虑到科学的组织形式对科学的影响。在这里有一个因素有力地妨碍科学家对社会力量作出任何积极反应。随着科学界的人数和影响的增大，它的控制权就越来越落到年龄较大的科学家集团手中。目前这种老人统治是妨碍科学进步的最大因素。在前几章中已经讨论过它起作用的方式。目前它是一个自动延续和自动加强的体系，变得越来越同政府和大金融集团发生联系。科学工作者人数和科学工作的内在复杂性都正在迅速增长。这就使老人的统

① 桑德曼教是十八世纪苏格兰人罗伯特·桑德曼(Robert Sandeman)创立之教义。克鲁克斯(W. Crookes，1832—1919)英国物理学家、化学家。

治更为彻底，同时必然也使得他们更加无力理解自己所控制的机器运转情况。迄今推动科学前进的积极因素还是克服了这些阻力的，不过如果不能维持或者加强这种推动力，老人统治对我们文明的作用必然迟早会象它对希腊和罗马文明所起的作用一样，使科学变成故弄玄虚的东西，过于尊重权威和过去的伟大事迹。科学管理民主化和青年化是它生存下去的基本条件。

作为公民的科学家

幸而妨碍科学家加强社会意识的影响并不是唯一的影响；这些影响也并不象相反的影响增加得那么快。正象我们已经指出的那样，由于科学日益成为现代国家正常行政管理工作的一部分，科学家的独立和批判的态度减弱了。不过这也同时使他更加密切地接触到普通公民的一些切身问题。这一点特别适用于科学家当中的下层群众而且适用于他们之中人数很多的一部分人，即青年科学家。商业文明向科学提供的好处大多数都归年长的科学家所有，而且归他们当中为数不多的人所有。的确，变成为数寥寥的幸运者之一的前景对其余的人产生巨大作用。* 不过由于科学家

* 大学津贴金委员会在它1935年的报告中说，教授们的薪金已经增加了，而低级讲师和示范员的薪金却降低了。委员们在论及此事时说：

"增加教授薪金一事特别令人快慰。这一事实证明，大学充分认识到对教授们给予合理经济照顾的必要性，假如要使最有才能的人为他们工作的话。在这里存在的任何缺陷都必定要损及大学的声誉，不断增加这种薪金是极为重要的。大战以来，这种增加是很可观的。

"……对吸收新进人员以担任大学教学工作来说，在头几年的实际工资远不如今后的前景重要。所以不能做到两全其美的大学，如果把一个人在四十岁——譬如说——可能得到的薪金提高到可以吸引人的数字，而不是略为增加刚刚开始工作的青年大学毕业生的薪金，就会取得较好效果。"

报告中（见附录Ⅰ）另外发表的数字不幸也说明：如果把低级讲师的平均工作年限作为12年并把教授工作年限作为24年，他成为教授的或然率仅为二分之一或在实际上远小于此，所以这种"吸引力"就有点象空心萝卜

人数越来越多，大多数人也越来越明白，他们在这方面的希望是极小的。于是他们就倾向于同行政人员和职员一起，更加集中力量来改善自己的实际境遇。

392 **形势的影响** 这些对境遇和地位的直接考虑本身只能促使科学家极其缓慢地产生职业觉悟。但是除了这种因素外还有政治和经济领域的种种变化和不稳带来的其他因素。如果科学家处于世外桃源的话，他也许会证明是比几乎任何其他职业的成员更为恭顺和更为服服贴贴的人——不过他并不是处在世外桃源中。来自外界的激烈事态终于打破他的平静心境，并且强迫他比以往更认真地考虑自己在社会中的地位和职能。在这些事态当中，近年最重要的有四件事：经济危机、苏联的建设、德国法西斯主义的崛起以及备战活动的普遍加强。

经济危机 人们开始明白了，现代工业化的进度很快，足以使我们有理由把目前时代看作是第二次工业革命，而且在这次工业革命中，科学所起的作用比它在第一次工业革命中所起的作用大得多，也更带有自觉性。现在应用科学的可能性变得更加可以直接看到了。而且至少对科学家说来，目前在技术上显然有可能使世界变得丰衣足食并使人们清闲地过日子，而且这件事并不是只有在不确定的将来才能实现。首先，美国的例子，使人们认识到技术改革是多么重要性。在美国，这一种认识虽然很简略，但却最典型地体现在专家治国论中。这也是理所当然的。不过实际上，直到经济萧条时期，经济倒退和技术进展的鲜明对照才使人痛感到这种潜在可能性的真正意义。直到H. G. 韦尔斯为止的老一辈科学预言家本来都把经济进展和技术进步并行不悖视为理所当然。现在看来剧烈的经济波动可能大大影响技术进展对人类的价值，因为经济波动不但会使这种进展停止下来，而且甚至

可能会使技术成果用于有害于社会的目的，特别是表现在大量失业和战争上。显然，单是在发明上取得进步是不够的，还要对经济制度采取措施。

五年计划 正当人们提出这些问题的时候，答案却正在苏联摊出来。苏联提出的极其全面的第一个五年计划吸引了不少对于其他国家经济发展中的混乱竞争感到失望的人们。不过使得比较讲求实际的人开始心服口服的，却是这个五年计划在世界经济严重萧条之际所取得的实际成功。俄国计划要应付的并且成功地克服了的阻力显然主要由于缺乏物资和有训练的人员而引起的技术困难，而不是其他国家的那种经济困难。计划生产的观念立刻 393
开始产生吸引力。于是在萧条时期的有希望但却短命的运动行列中，除了专家治国论者之外，还有了计划经济的鼓吹者。他们想仿效苏联的成功经验，但却不打算正视苏联为了获得成功所实施的经济变革的意义。不过苏联的成功对科学家尤其有吸引力，因为它提出了一个克服目前科学应用过程中难以置信的混乱状态的方向。

马克思主义和科学史 苏联的影响也在其他方面产生了作用。苏联的科学组织形式以及它用以发展科学和科学教育的相对巨大的经费向全世界显示了：终于有了这样一个科学可以发挥应有的功能的国度了，甚至深深了解苏联科学的实际缺点和落后的人也承认了这一事实。同时在其他国家中，亟欲获悉情况的人，希望对促使科学得到这样合理的利用的思想多所了解，他们第一次真正地发现了在西欧存在了半个世纪却无人加以赏识的马克思的辩证唯物主义的理论基础。在英国，对辩证唯物主义的兴趣真正开始于1931年举行的国际科学史大会。强大的俄国代表团参加了大会。他们说明：把马克思主义应用于科学，可以而且正在为

理解科学史、科学的社会功能和作用提供多么丰富的新概念和新观点。*约在此同时，在美国和法国以及许多其他国家、尤其是在日本，再度产生了类似的兴趣。

法西斯主义的产生　第三个因素、法西斯主义的兴起在某些方面也是打开科学家眼界的最有决定性的因素。在法西斯主义出现之前，或者更严格地说，在它出现于科学思想中心德国之前，人们都认为科学的社会功能是理想而不是必要的东西。不少科学家认为，如果科学能用于为人类造福而且能适当地组织起来并得到经费，那就好了，不过大多数人却怀疑为了这个可取的目标究竟是否值得花那么大的力气，还是维持现状，并尽量利用现状为好；即使科学没有受到很好的对待，毕竟还没有谁去干涉它。希特勒的出现使这一切都变了。驱逐犹太科学家和自由主义科学家的事件使其他国家的最得意和处境好的科学家也突然想起，自己再也不能相信个人可以幸免于难了，而且在纳粹对国家
394 的改造显然意味着要把科学改造为某种面目全非的东西的时候，科学本身也正处于危险之中。纳粹把生物学和社会学大加歪曲以适应作为该党宣传根据的种族理论。他们粗暴地控制着其他科学以利于备战和战争经济(参看边码第 212 页以下)。

科学家的反应　英国科学家对法西斯主义的反应很不一致，殊出意料之外，只有极少数人赞成纳粹的理论。他们对种族问题和战争具有生物学上的淘汰作用一点本来就持有十分明确的观点。另外一些人，虽然一方面谴责纳粹破坏科学、特别是谴责它的反犹政策，另一面却认为他们的反应仅仅应该限于对受害者进行帮助。他们不但没有认识到这种形势需要科学家采取积极行

* 见《科学处于十字路口》，克尼加版，1931 年，书中所包含的黑森关于牛顿的文章，对英国来说，是对科学史的再估价的起点。

动来反对法西斯主义，反而认为德国的教训是：科学家应该比以前更少过问政治和社会问题。他们认为：科学家是否能免受政治迫害取决于他们在政治上是否能保持中立。A. V. 希尔教授在一封致《自然》杂志的信中说：

“如果科学家们要文明社会给予豁免和宽容的特权，他们就必须遵守规则。罗伯特·胡克二百七十年前就把这些规则加以概括，没有谁比他说得更好了。韦尔德从大英博物馆的胡克遗稿中记下了一段日期为1663年的文字。这段文字也许是在皇家学会第二次章程通过后起草的。开头是这样说的：

‘皇家学会的任务和目的是——通过实验增进关于一切自然事物的知识并改进一切有用的技艺、制造方法、机械操作、发动机和发明——(不涉及神学、形而上学、伦理学、政治学、语法、修词学或者逻辑学)，’它接着又说：

‘一切为了替上帝增光、为国王添荣誉……，为他的王国带来好处，并为人类普遍造福。’

不过问伦理或政治：我认为这是文明国家让科学研究享受豁免和宽容的正常条件。我说这些话并无鄙视伦理和政治之意——我感到，某些高人一等者谈到伦理和政治这类社会存在所必不可少的事物时流露出来的那种鄙夷的态度，的确是幼稚和愚蠢得令人不能容忍。人类的伦理教师和政治管理人需要最聪明和品格最优秀的人而不是最低劣的人去充当；不过科学却应该保持超然不倚不偏的态度。这并不是由于任何自高自大感、并不是由于对大众福利漠不关心，而是以此作为一个达到学术上彻底忠实的条件。日常生活所必需的感情，在作出科学判断时是完全用不着的。如果科学失去了它的学术上的忠实性和它脱离于政治而独立的性质，如果——

在共产主义或者法西斯主义支配之下——它同感情、宣传、
395 广告、某些社会或经济理论联系起来，它便会完全不再具有它的普遍吸引力，它的政治豁免权也就丧失了。如果科学要继续进步，它就必须坚持保持它传统的独立地位、它就必须拒绝介入或者受制于神学、伦理学、政治学或者修词学。”——《自然》杂志第132页〔1933年〕。*

在一些极端的情况下，这种想法使人更加明确地脱离了一切社会政治活动。当人家要一位世界闻名的科学家联名提出某项政治性抗议时，他回答说，“我对政治完全不懂，也不想懂得政治，因为如果我置身局外，我想他们就不能对我怎么样了。”可是对于其他的人，包括许多最活跃的和年轻的科学家们说来，效果就大不相同了。他们对政治问题比较感兴趣，并且坚决主张：科学家对法西斯主义，必须采取要末赞成要末反对的立场。布莱克特教授在他后来重新发表在《科学遭受的摧残》一书中的一篇广播稿中说：

“除非社会能利用科学，它就一定会变得反对科学。这就意味着不再希望取得本来有可能取得的进步。资本主义正朝着这条路走下去，而这条路则通向法西斯主义。另一条路是大规模的彻底的社会主义规划；这就是制订尽量增产的规划，而不是制订限制产量的规划。我认为可走的路就是这两条。现在有人告诉你——在以后几年中人家还会对你重复一千遍——还有第三条道路，既非社会主义又非资本主义，而是一种能使一切人公平地得到好处的叫做计划经济的东西。例如

---

* 再参看随后的通信，特别是J. B. 霍尔丹的回答以及李约瑟在《基督教和社会革命》一书中的文章(高兰克茨版)。

有人会告诉你，失业保险和房屋政策应该脱离政治，并且要客观地、科学地加以处理。仿佛这些问题并不是政治的内容！如果要作出牺牲，就得‘平等分摊牺牲’。有人会乞灵于充满激情的民族主义并强调为国家服务和服从国家纪律来遮盖贫富之间不同的利害关系。所有这些倾向，在我国是够明显的，虽然我们还得到意大利和德国去寻找这些倾向的充分表现。所以我认为，法西斯主义并不是意大利人的或者德国人的气质所特有的东西，甚至也不是两种鲜明的性格的特殊创造物；但是我的确认为，它是一种通过限制生产、通过经济民族主义，通过降低工人阶级生活标准来应付资本主义世界性危机的政策的必然结果。我国似乎也正在用同一方法来应付世界性危机。

这个办法能成功吗？我可不相信。我认为这种倒退并不能提供任何解决办法。例如，试想一想，为了小业主的利益，把大企业分为若干小企业，用手工来取代机器，会发生什么情况呢？在过去促使人们合并和采用机器的一切资本主义内在经济力量会发生作用使原状恢复。资本主义回到原来的状况中去，是拯救不了自己的。事实上，我认为德国和意大利的工业界领袖也不会相信资本主义能够用这种办法拯救 396
自己。他们可能纵容或者甚至鼓励一个反对机器、赞成小作坊、反对工厂的群众运动。因为他们极其需要中产阶级在政治上支持他们，因而不得不为取得这种支持付出代价。但是大企业十分明白机器对自己是十分必要的。反对机器的议论将比实际反对机器的行为多得多。不论人们采取什么具体措施来反对科学和机器，所产生的气氛肯定不仅对科学极其有害，而且对一切从事客观的学术活动的尝试也是极其有害的。

中产阶级对法西斯主义所抱的希望肯定要破灭。他们有朝一日会发现自己上了当。他们认为自己得到的是某种新东西，既不是资本主义，又不是社会主义，可是实际上他们得到的是资本主义。因为在今天的两个法西斯主义国家中，法西斯主义肯定也就是资本主义。当我第一次写这句话的时候，公开的法西斯主义国家只有两个。现在我已数不清了。在法西斯主义施放的帮助小业主的烟幕下，小业主却明显地、特别迅速地消灭了。这是很希奇的但也是意义深长的。在法西斯国家，一如在其他地方，这种现象是资本主义的内在力量造成的。意大利1932年的巨大破产统计数字并不能说明法西斯主义真的能够拯救小企业。……

我相信只有两条路可走，我们目前似乎正开始走的路是通向法西斯主义的路：随之而来的是限制生产、降低工人阶级生活水平以及放弃在科学上谋求进步。我相信唯一的另一条道路是彻底的社会主义。社会主义将需要一切能够得到的科学知识，以便生产出尽可能多的财富。科学家们也许不久就得决定自己要站在哪一方。”(第 139—144 页)

这种态度不仅限于口头，著名美国科学家罗伯特·梅里曼已经在西班牙为保卫民主而献出了自己的生命。一切国家的科学家们和医务人员们也正在其专业范围内尽力帮助西班牙。

备战　最后一个因素是日益加紧的备战活动，使科学家们日益认识到需要有一个社会目标。1932年科学研究的极其萧条的状态和它目前的相对繁荣的局面之间的差异不能不显示出，这种繁荣局面同加速备战有关。科学家们愈来愈直接间接地参与了这种备战活动，有的为钢铁及化学工业等主要与生产军火有关的工业出力，有的在政府国防部门工作。吸收科学家参加正在英国加

速进行的防空工作，就是这方面的显著的例子。尤其是正在吸收化 397
学家和医师在地方防务计划中担负重要职务。随着在大学里建立技术军官后备队，征召科学人员的第一阶段已经到来了。*

科学家再也不能置身局外了；他得作出决定，自己究竟是不是参加这种计划，如果参加的话应按照什么条件参加？在这里，许多人又是倾向于走阻力最小的路线，接受政府公告并且自愿提供帮助。不过有少数态度坚决的人已经采取了彻底的和平主义的态度，拒绝参予备战。他们的人数要比上一次大战中多得多。其余的人还没有拿定主意，但倾向于对政治和自己政府的技术准备工作的性质持批判态度。认为战争肯定是对科学的滥用的感觉无疑很强烈而且日益增长；不过对于怎样防止战争以及科学家在这一任务中应当起什么作用，大家意见纷纷莫衷一是。在这一点，国际和平运动科学委员会（已在边码第186页中提到）的活动说明科学家们都愿意以自己的身份同更广泛的群众和平运动联系在一起。

社 会 觉 悟

这些影响的总的效果是使一切科学家在某种程度上认识到、并使他们之中不少人深刻地认识到自己的工作和生计同政治和经济因素之间的关系。他们迄今认为这些因素是完全与科学无关的。许多而且人数愈来愈多的科学家们认识到，科学工作并不终止于实验室；科学家应该首先关注自己和同僚的工作条件并且最终还要关心使科学可以继续存在下去的社会状态。认为任何科学家在目前只要能进行工作就可以完全心满意足了，那仅是一种极其眼

* 参看《泰晤士报》，1938年4月25日。

光短浅的看法。即使他不想看到自己的工作发展下去并用于有益的目的，他至少也应该明白，依照科学传统把工作继续下去或者传下去的可能性有赖于科学传统的继续存在，因而也就是有赖于社会的发展而不是有赖于法西斯主义或是战争所造成的社会倒退。有些人可能感到，在目前，保存社会的需要甚至超过科学新发现的需要。不过，大多数人则认为，只要实验室还没有被炸毁或者被关闭，只要工作人员还没有被征召入伍或者被投入狱，科学工作就一直是、而且必须是他们所关心的主要事情。可是，这
398 并不等于说，对更重大的社会问题作出贡献是一件无足轻重的小事。

由科学家来统治？　在科学发展问题及科学同社会的关系问题上，进步力量和反动力量之间争论的问题仅是我们时代的主要社会斗争问题的一个组成部分，不过由于这个问题的解决有赖于科学家，这就需要他们发挥比到现在为止都大得多、而且性质也大不相同的作用。从柏拉图直到H．G．韦尔斯为止，人们所提出的最常见和最娓娓动听的解决办法都是一种理想的办法，即把管理国家大事的权力一般来说置于哲学家或者科学家手中。不幸这个主张有两个严重缺陷：第一，没有谁能想出把权力转到他们手中的办法；第二，大多数现有科学家显然完全不宜于行使这种权力。由于民主国家不愿意挑选至少在本人看来极其适于担任社会管理工作的人，提出这类方案的人大多数都转而鼓吹极权主义的、在现代语言中也就是法西斯主义的解决办法。可是，在法西斯国家里，科学家却恰恰只不过是被当作备战和宣传工具加以利用而已。虽然我们可以把科学家掌权的前景看作是一种幻想而置诸不理，科学家在形成和发展今后的社会组织中，肯定将起很大的而且关系重大的作用。

科学家的组织

头一个和最急迫的问题是找到一种办法，使科学家能马上采取行动，作出最有效的贡献，来保障科学不受威胁着科学的力量的损害。作为一个个人，他的作用无殊于任何一个其他公民；科学家只有联合起来，才能使人感觉到科学对社会的重要性。不过单单联合还是不够的。科学在技术上的重要性虽然极大，并不足以使哪怕是联合起来的科学家们拥有巨大的政治影响，只要他们是孤立无援的。科学家们要想拥有巨大政治影响，就只有通过自己的组织，同抱有促进社会进步的同一目标的其他集团联合起来。

在科学家中间发展协会有悠久的历史。在不同时期中，这些协会具有不同的性质。早期的协会，诸如十七世纪的皇家学会以及十八世纪后期的月社，有双重宗旨：把先前分散孤立的科学家集合起来以便在科学研究中相互帮助；并且使不论是政治或者商业势力都感到科学的实际重要性。此后，这些职能被分割开来了。
第一个职能仍然是无数学会的 raison d'être（存在的理由），第 399
二个职能则变成了英国或者美国促进科学协会之类的半群众团体的职能了。在这些组织之外还有化学和物理协会之类具有专业性质的第三种类型的协会。这种协会类似已经在律师及医师之中设立的组织。

对于社会责任的认识　　直到最近为止，这些组织没有一个关心科学的社会影响。不过在过去几年中，已经发生了明显的变化。英国促进科学协会布莱克普尔会议已经在1936 年把“科学和社会福利”当作它的课题。里奇·考尔德先生已经提出了一个建议，主张建立一个世界性科学家联盟来保卫和平及学术自由、并

最有效地把科学用于为人类造福。* 这个建议并没有立刻得到响应，不过它在第二年却在美国得到了重要的支持。美国促进科学协会委员会在1937年的会议中通过了如下的决议：

"鉴于科学和科学的应用不仅在改变着人类的物质和精神环境，而且在大大增加他们之间的社会、经济和政治关系的复杂性；而且鉴于科学是完全不受国境线、种族和宗教信仰的限制的，而且只有在有和平和学术自由的地方才能够长期繁荣起来：所以现在

本委员会于1937年12月31日决定：美国促进科学协会应把研究科学对社会的深刻影响当作它的一个目标；而且该协会应邀请它的原型英国促进科学协会以及全世界抱有类似目标的一切其他科学组织，不仅在促进科学事业的利益方面，而且在促进各国之间的和平和学术自由方面进行合作，以使科学能继续发展而且能向人类普遍提供更丰硕的好处。"

在另一地方也发生了类似的情况。在阿姆斯特丹科学院的倡议下，科学联合会国际委员会在1937年举行的会议中决定成立关于科学及其与社会的关系的国际委员会（C. S. S.R.）。它本质上是皇家学会和其他科学研究院主持下的调查事实真相的机构。人们感到，如果不能在科学家中间引起更大的兴趣，这项工作将进展不
400 快，因而人们又在《自然》杂志上提出**建立研究科学与社会的关系的学会。这个建议受到了许多有代表性的英国科学家的支持。结果并没有成立一个独立组织，而是在英国促进科学协会中设立了专门研究科学与社会和国际的关系的部门。这个部门于1938年

* 《自然》杂志，第141卷，第150页；第142卷，第310—311页及380—1页。

** 《自然》杂志，第141卷，第723页。

在剑桥大会中明确地设立起来了。

科学工作者的协会　不过所有这些团体的活动都限于研究和讨论。它们代表了科学家之间最大限度的协议，但根本不是宣传或者执行机构。我们需要有一个由觉悟更高的科学家组成的机构。它的主要职能将不是帮助科学研究，或者为科学家争取权利和地位，而是帮助科学家更清楚地认识自己工作的社会意义并且认识为了使科学永远是改造文明的主要动力有必要对其组织和地位进行改革。这类组织已经在若干国家中成立了；在英国有科学工作者协会，在法国有高等教育协会，在美国有了新近成立的美国科学工作者协会(见附录V)。

在大战结束时人们由于认识到科学的重要性而设立了科学和工业研究部。英国科学工作者协会，当时名叫科学工作者全国联合会，也是基于同一的认识而设立的。不过在这里是科学家们自己，而不是政府，认为应该去做一些事情。在开头，全国联合会的目标是带有明确的工业和政治目标的。它最早发表的公告中有一项公告说：

"科学工作者全国联合会标志着我国自由职业者组织历史上的新纪元。迄今自由职业者为了联合起来以促进自己的利益而成立的团体要末是没有合法地位、要末是特许设立的协会或者有限公司；不过，最近一些事态已经证明这些类型的组织是不顶用的。

联合会的目标是双重性的：这些目标涉及科学在国家生活中所起的作用和科学工作者的就业条件。在本联合会看来，实现第二组目标是实现第一组目标的必要条件。英国科学过去的毛病不在于其质量而在于其数量；不在于它在纯学术领域的地位，而在于它在政界和工业界的地位。只有把多得多的

国内最有才能的人员吸引到科学研究中来，并且为科学工作者取得同科学对国家的重要性相称的社会地位，才能补救科
401 学的缺陷。有些人——至今仍然有这样的人——认为科学研究本身就是科学研究的报酬；如果大大改善科学工作者的收入和前途，那就会贬低科学研究的身份。他们忘记了三件事：第一，很少人能毫无家庭拖累，可以接受待遇很差的工作而不致使别人受苦；第二，境况不是那么好的人，会采取极其自私的办法，牺牲家人的物质享受以满足个人志趣；第三，对科学进展和科学在工业的应用极为重要的许多奠基工作就性质而言并不能激起艺术家那样的热烈献身精神。从事这样工作的人虽然对自己的职业感到兴趣，但关心其物质报酬不下于律师、医生和工业家。……

所以，假如工业中的自由职业者希望在保障自己的利益的工作中也有份儿，他们就有必要尽快组织工会。……

上述的话主要涉及科学工作的工业方面以及在发展工业的问题上充分考虑科学家意见的必要性。这对于国家和科学家都是同等必要的。不过联合会的发起人至少也同样重视更具学术性的方面，因为工业成就和纯科学的进展都同样地有赖于此。我国统治阶级终于明白了这一事实，于是人们就成立了科学和工业研究部以增加纯粹科学和应用科学的科研成果，并使科学和工业协调起来，以便尽早利用有经济价值的新发现。”——《章程草案前言》，1919。

大战后的建设热潮为时短暂；到1926年，在英国出现了一个普遍的令人不舒服的冷漠情绪。后来人们把这期间看作是萧条前的繁荣时期。科学工作者全国联合会在总罢工后惊慌失措地改名为科学工作者协会。它在这样做的过程中失去了许多会员，但却没有

吸引住据说对原来名称感到害怕的人们。它一时处境十分困难，接着在1931年以后，类似的外来原因——首先是萧条的影响，然后是接踵而来的、我们目前所处的不安全处境和重振军备的影响——迫使科学家更多地注意自己工作范围以外的问题。这反映在该协会恢复活动上面、特别是在较年轻的科学家们和理科学生们中间恢复活动。新的方针虽然同原来的方针类似，在许多方面实际上与原来的方针并不相同；因为后来已经学到了不少东西而且也否定了不少东西。

现在人们认识到协会的基础有两点：第一整个科学界和个人都关心保障并改善其会员就业条件，并且关心确立同医师或者律 402
师的地位有几分相似的“科学工作者”的地位；另外，大家还关注科学在社会中的整个地位。这两方面是密切关连的，因为只有当科学在社会结构中起适当作用而且被允许发挥它的潜在可能性时，科学工作者个人的条件才能大大改善。上述两个方面的例证是，一方面协会努力改善青年科研人员的工作条件，* 另一方面，协会

---

* 例如在1937年科学工作者协会的一个代表团会见科学和工业研究部大臣弗兰克·史密斯爵士，就低级工作人员的生活津贴，提出了下述几点意见：

1. 低级工作人员生活津贴最高额提高到每年150镑(而不是象目前的120镑)。
2. 如果拿津贴的人从事教学，他的津贴削减额应不超出他的教学收入的一半。(目前牛津和剑桥允许学生保留所赚金额的六分之一，其他大学则允许他们保留三分之一)。
3. 应把科学和工业研究部咨询委员会所拟条例第21段中的“贷款”字样删除掉。后来发表的1937年一月修订的条例已经这样做了。(下列规定应予取消：申请人在取得津贴资格之前应向地方当局申请贷款。)

不幸科学和工业研究部仅在最后一点上愿意作出让步。科学和工业研究部发言人就第一项申诉(津贴金金额可怜)发表声明：“120镑金额是科研部咨询委员会确定的。而这个委员会并不是由政府官员组成的，而是由大学教授组成的。这个金额完全足够维持一个毫无其他收入的学生在伦敦或者一所外地大学的生活。他还说，咨询委员会

在国会科学委员会的配合下努力争取在全国范围给予科学充足的基金(见边码第317页)。不论它是否达到上述任一目标，无可置疑的是：一个建立科学家职业性组织的有力运动正在到来。这个运动在英国和全世界都抱有较广泛的社会目标。这一运动不但表现在成立一些同协会相似的团体上，而且表现在某些纯学术性质的学会恢复活动上，表现在科学刊物对社会问题的普遍关注上。

科学和政治

迄今我们所谈的活动只是科学结构本身内部的活动，不过它显然不能一直局限在这一范围内。就科学家个人或团体力图影响

随时准备考虑例外情况并根据大学当局的建议提高津贴金。在1931年之前，最高金额原为140镑，后来因生活费用下降而减少了。（可是当生活费用又上涨时却没有提高。）有人问道，他是否认为这样小的津贴会使最有才能的人转到科学研究以外的职业中去，仅剩下第二等的学生申请科研部津贴。他说这事该部并不介意，因为第二等学生往往证明是最好的科研人员。"(《科学工作者》，第9卷，第8号，1937年11月。)

在第388页所引述的信继续说明为什么一般科学工作者应该加入这个协会：

"我所以加入科学工作者协会是因为我认为让有科学造诣的人仅仅得到清道工人的工资而受剥削是不应该的，而且商业企业利用他们的工作成果牟利，但给予他们的保障还不如清道工人，这也是不应该的。科洛萨斯有限公司不应该利用科洛萨斯专利开关牟取巨利。这项专利是授给科学学士约翰·史密斯的。他根据自己同公司订立的合同条款，以一英镑的代价把专利转让给科洛萨斯公司。科洛萨斯公司的董事不应该在他向一个学会宣读的论文中，没有表示谢意就把最初由上述约翰·史密斯发现的事实和公式包括进去，而史密斯也不应该为了害怕失业而予以默认。不应该不让一个技术性企业里的科学工作人员知道他们的工作成果被用于商业的事实，而且因此，在当行政职务有空缺的时候，也不应该让会计人员和推销人员去补缺，这些不从事技术工作的人，毫不重视自己所依靠的科学工作。不应该让他们牵制、刻薄对待和阻碍他们的技术人员并且以得不出成果为理由把他们解雇掉。

所有这一切事情几乎天天发生着。我可以为我提到的每一种情况列举出具体例子。科学工作者协会一贯支持会员们要求雇主给予正当待遇，并且对广告上以低薪招聘的职位进行了调查，做了大量工作。我认为迅速开展我们在这方面的活动是值得我们追求的最重要的目标。在处理这类事情时，尤其在涉及一个政府部门时，政治势力是极为有用的，在此范围内，'参加国务委员会'应该是这个协会的一个正当目标。"

社会而言，他是在进行政治活动。虽然在一定程度以内，人们可以进行这种活动，而不一定意识到它的性质，不过我们现在已经达到一个情况不再是这样的阶段了。除非科学家既意识到科学内部的结构，又意识到它和社会的关系，他为改善科学的地位并使它为人类造福的努力大部分肯定是要失败的。在另一方面无论是政治家们或是他们背后的势力本身都无法充分理解或者明白如何去发挥科学的潜力，必须由某些对科学和政治都具有充沛知识、能把两者结合起来的科学家来协助他们。

必须承认，由科学家们采取直接政治行动虽然是必要的，却有其严重危险性。直到目前，从经济和政治统治者的观点看来，科学家一直是、而且一直被认为是保持中立的。人们认为，只要工资收入源源而来，使他们能继续工作，他们就不会关心自己工作的结果如何。他们甚至还得到一点不那么发达的社会给予疯子的那种宽容，要摆脱这种中立的态度转到负责任的立场上去，难免就会危及这些好处。谁要是稍微尝试这样做一下，就总是有人给他 403
们扣上有倾向性的帽子，因而科学无论如何不得具有倾向性的传统已经形成了。正如我们已经指出的那样(参看边码第341页)，其结果是使某些凡有研究成果必然带有倾向性的学科出不了成果，并且使其他学科脱离社会。

保持中立是不可能的　德国的例子已经很好地说明了，科学家企图在自己工作领域之外去独立思考，就会遭到严厉的“制裁”。于是有人就主张，为了科学的利益，他不这么做要好得多。不过事情可以达到这种地步：保持中立就会使科学本身不再是一种活生生的力量，因为即使科学没有遭到取缔，它也不再能吸引一切思想活跃和有探索精神的人员了。科学家在紧急时期同其他积极和进步的力量联合起来并不是新现象；在布鲁诺和伽利略时

代以及在法国大革命中都有过这种现象。要是普里斯特利博士被人说服继续保持谨慎的正统观点，那对科学所造成的损失肯定会比把他的房子烧掉和把他的仪器毁掉的损失还要大得多。可以把拉瓦锡作为一个相反的例子，不过他显然不是作为科学烈士，而是作为可憎恨的旧政权捐税制度的象征人物而被杀害的，他同旧政权有过一定的关系。霍格本指出，这种激进的倾向一直是英美科学的特征。*目前这方面的动向，不仅是由于人们感到科学需要一个可以发挥作用的更为充实和更为公平的经济制度，而且更是由于人们反对法西斯主义的明确的反科学运动。在这场斗争中，没有一个科学家是能够保持中立的。

群众对科学的看法　　科学家在政治上的反应是把科学和社会结合起来的趋势的一个方面；另一个方面是，科学界以外的人更加认识到保障科学并促进科学发展是文明的进步或甚至文明本身存在的必要条件。这种认识还没有有组织地表现出来。它表现为公众对科学遭受的摧残等题材愈来愈感兴趣，而且更加赤裸裸地表现在风行一时的专家治国论上。它标志着门外汉对科学的认识的第三阶段。这种认识是从对科学所带来的经济好处的简单赏识开始的。它在战后让位于一个相反的倾向，把一切现行弊病都归罪于科学而且要求回到巴特勒在《埃雷洪》① 中所预言的过去黄金时代去。到第三阶段初期，人们才考虑到科学本身并无自主力量。统治者要看科学是否对自己有利才把科学的力量用于造福或加害
404 人类。不过就象失明的参孙②一样，科学也可能回击它的主人。

* 《大众科学》，第582页以下；《科学与社会》第一卷。

① 巴特勒(Butler, S., 1835—1902)英国小说家。名作《埃雷洪》(Erewhon，是把 nowhere 颠倒过来作为地名用的，意为“不存在的乌有乡”)是一部讽刺资本主义社会的空想小说。——译者

② 参孙是《圣经》中的人物，以力大无穷著称。——译者

如果让科学自由发展，它就会比现在为少数人谋福利时更有效地为人类谋福利。

科学和民主　科学必须成为争取社会正义、和平和自由的人们的同盟军，而不是他们的敌人。事实上，科学所提供的帮助可能证明是世界进步力量和反动力量之间刚刚开始的斗争中的决定因素。在未来若干年中世界可能分裂为民主国家和法西斯国家，彼此无情地争夺霸权。在这场斗争中，思想、物质生产和军事潜力的内在和外在的力量将成为武器。法西斯主义必然要反对科学国际化的理想，虽然它也需要科学来为它提供物质力量。它想要在扼杀科学精神的同时又保有科学的好处，就要造成一种矛盾，使科学、而且最终使国家蒙受其害。他们可能保持甚至改善技术，但从长远来看，一定会出现缺乏创造力和灵活性的现象。如果与此同时，民主国家不但让科学自由发展，而且加以扶植，民主国家迅速的经济和文化发展可能占有压倒优势，以致只要通过它们的活生生的榜样，不必经过长期而有破坏性的战争，就能使法西斯主义从内部垮掉，或者，假如战争非发生不可，也可以保证民主国家取得迅速胜利。可是我们怎样才能使科学在民主国家中得到扶植呢？我们已经说明，直到现在还没有这种迹象。只能通过有政治觉悟的科学家的个人合作并且通过他们同进步的政治力量的联合，才能使这种情况发生。要做到这一点将是困难的，因为这需要政治运动的领导人和群众都能真正理解科学的重要性以及它的需要。*

* 工会联合会大会最近决定设立科学咨询委员会是一个值得欢迎的迹象，说明这个过程已经在英国开始了。这个委员会最初是在英国促进科学协会1937年会议上宣布设立的，现在已经具体组织起来了，其人员半数是英国促进科学协会任命的科学家，半数是工会联合会的代表。它将是严格地非政治性质的，并将研究下述问题：食物和农业；采煤技术；职业病、伤残人员以及工业福利；合成塑料和纤维素；重金属；轻金属；电力生产和运输；联系潜在发展来研究矿产资源；国防和航空；技术教育和管理；人口和人口统计；等等。

人民阵线 科学家可以而且也有必要变成政治家，然而他永远也不会成为党派政治家。他把社会、经济和政治形势看作是一个必须首先找出答案，然后把答案加以应用的问题，而不是把社会、经济和政治形势看作是个性、野心和既得利益集团逐鹿的战场。只要民主国家的进步力量由于这种考虑分裂为若干党派，科学家就不可能同任何一派合作。只有当各派在社会正义、公民自由与和平的广泛纲领基础上团结起来，才能期望得到科学家们的通力支援。不过一如法国的例子所示，一旦他们这样做了，就有可能进行有成果的合作。不少科学家通过“反法西斯知识分子
405* 警惕委员会”来帮助成立人民阵线。这项工作在新政府之下继续进行着，其表现就是建立了一个真正有力的科学部。同时，通过工人大学，人们正在法国以最好的方式帮助普及科学知识。著名的科学家在工人大学中同工人听众一起讨论自己研究的问题，并且帮助人们消除自然产生的对科学的误解和偏见。我们需要的是在全世界扩大科学力量和民主力量之间的这种合作。两方面团结一致，就会逐渐彼此理解，科学就会得到充分自由和发展，民主力量也就会了解科学的力量和可能性。

科学家如何出一份力量 怎样做到这一步随国家情况而异。目前，这在全世界范围内仅象一种趋势而不是一个具体纲领。在英国一类的国家，进步力量因为严格的党派之见陷于四分五裂，几乎还没有受到世界其他地方运动的影响。因此，在这样的国家里，科学家个人和组织最好的支援办法就是不提出支援某一派的诺言，而是不偏不倚地对一切进步党派都给予帮助。科学家能给予的帮助是：对社会和经济情况进行精确的调查、对技术

* 原书406—407为注释，中译本改排为脚注，页码从略。——编者

问题制订计划以及对现行军政规划加以批评。这本身必然会有助于说明客观形势的具体需要——废除私人对国家主权中的竞争因素、浪费因素和危险因素的限制性控制、废除对被压迫阶级和民族的剥削——而且有力地说明需要团结一致来争取达到这些目的而不是各自为政地进行活动。各自为政的活动往往成败参半，至多达到局部和暂时的目标。这种努力将不是容易的，不过要是科学家能用自己过去用在研究课题上的全部精力、献身精神和智慧来从事工作的话，这种努力就一定会成功。如果他这样做，而且只有在他这样做的时候，才能保障科学的安全，而且挖掘出科学的潜力。

408

第十六章　科学的社会功能

我们在这项研究结束之时才比较接近于能够对科学在当前的社会功能，可能还有今后的社会功能作出明确的界说。我们已经看清科学既是我们时代的物质和经济生活的不可分割的一部分，又是指引和推动这种生活前进的思想的不可分割的一部分。科学为我们提供了满足我们的物质需要的手段。它也向我们提供了种种思想，使我们能够在社会领域里理解、协调并且满足我们的需要。除此之外，科学还能提供一些虽然并不那么具体、然而却同样重要的东西：它使我们对未经探索的未来的可能性抱有合理的希望，它给我们一种鼓舞力量。这种力量正慢慢地但却稳稳当当地变成左右现代思想和活动的主要动力。

历史上的大变革

要全面地看到科学的功能，就应该把它放在尽可能广阔的历史背景上来观察。直到最近为止，我们对近期历史事件的注意使我们看不见理解历史上重大变革的重要性。人类在地球进化的舞台上毕竟出现得很晚，而地球本身又是宇宙力量的晚期副产物。迄今人类生活仅经过了三次大变化：先是建立了社会，接着又产生了文明。这两者都是史前产生的，然后才是现在正在进行的对社会的科学改造，我们还不知道怎样来命名它。

社会与文明　第一次革命是建立人类社会。人类从此变得

有异于动物，而且通过世代相沿传授经验的新习惯，发现了一个比听其自然发展的偶然演变快得多、可靠得多的取得进步的方法。第二次革命是人类发现文明。这种文明是以农业为基础的，而且同时发展了多种多样的专门技术，特别是随之产生了城市和贸易这两种社会形式。通过这些，整个人类就脱离依靠自然的寄生生活，某一部分的人类就完全从生产食物的任务中解放出来了。文明的发现仅是局部性质的事。在公元前六千年，它已经几乎取得它的全部基本特征了，但这仅是处于美索不达米亚和印度之间某 409
处的文明中心的情况。在直到文艺复兴和我们的时代开始为止的几千年中，我们看不到文明在质量上有何重大变化。在这整段有史期间仅仅有比较小的文化上和技术上的改进，而且这些改进的大部分都属于周而复始的性质的。文化一个接着一个兴起又衰落，每一种文化虽有所不同，从本质上说却不比以前的文化进步。真正不知不觉的进步仅限于区域的扩大。文明每次由于内部原因或由于野蛮人的入侵而崩溃，从长远看来，都意味着这种文明经过一时的混乱后，就传播到野蛮人中去。直到那个时期告终时，世界上所有容易耕种的土地都已经开化了。

科学革命——资本主义的作用　我们现在明白了，到十五世纪中叶，一种新情况开始了，不过当时的人们当然是不明白这一点的。我们已经把文艺复兴看作是资本主义兴起的先声，可是直到十八世纪，人们才普遍认识到有了基本的变化。那时，由于应用了科学和创造发明，人类有了新的发展可能性。这些可能性对人类前途的影响很可能比早期文明的农业和技术所起的影响还要大。我们直到最近才能够在思想上把资本主义企业的发展同科家的发展和人类思想的普遍解放区分开来。两者似乎是“进步”的互相联系、密不可分的两个部分，可是与此同时，说来也似乎矛盾，

当两者出现时，人们却把它们当作人类正回到自然状态，摆脱宗教或封建政权的专断束缚的迹象来加以欢迎。我们现在明白，虽然资本主义使科学第一次具有实用价值，因而对早期科学发展是必不可少的，但是科学对人类的重要性在任何方面都超过资本主义的重要性，而且事实上，充分发展科学为人类服务和资本主义的继续存在是不相容的。

科学的社会意义 科学意味着要统一而协调地，特别是自觉地管理整个社会生活；它消除了人类对物质世界的依赖性，或者为此提供可能性。此后，社会仅受到自我的限制。毫无理由可以怀疑人类掌握不了这种可能性。单单知道有这种可能性，人类就会策马前进，直到他们实现这种可能性为止。社会化的、统一的、科学的世界组织快要到来了，不过要声称它几乎就要到来或者用不着经过最激烈的斗争和混乱就会到来，那是荒谬的。我们
410 必须明白，我们正处于人类历史上的一个重要过渡时期。我们最紧迫的问题是保证这个过渡尽可能迅速完成，把物质、生命和文化的破坏减少到最小限度。

科学在过渡时期的任务 虽然科学显然将是人类发展的第三阶段的特征，可是只有当这个阶段确立之后，人们才会充分感觉到它的重要性。我们既然处于过渡时代，科学的任务就主要同我们有关，而在这里，科学只不过是经济和政治力量的组合中的一个因素而已。我们的任务涉及科学在此时此地可以起什么作用。而且科学在斗争中的重要性主要取决于它对这种重要性的认识。科学意识到自己的目标，就能在长远中变成改造社会的主要力量。由于它所蕴藏的巨大力量，它能够最终地支配其他力量。但是，科学如果不明白自己的社会意义，就会沦为要它背离社会进步的方向的力量手中的工具而无法自拔，并且在这一过程中毁坏了它

的精华，即自由探索的精神。为了使科学意识到自己并意识到自己的力量，就必须根据目前和可以实现的将来所存在的问题来看待它。我们正是必须结合这些问题来判断科学的目前功能。

可以防止的祸害　目前世界上存在着一些明显的具体祸害——饥饿、疾病、奴役和战争。在以前时代中，人们把这些祸害看作是天然的现象或者看作是凶神的降祸，而现在所以继续发生这些祸害完全是因为我们陷入过时的政治和经济制度的罗网中。再也不存在什么技术上的理由可以说明为什么人不能吃饱、再没有理由可以说明为什么需要大家每天做三、四小时以上讨厌的或者单调的工作，或者为什么他们还要迫于经济压力去做即使是那么一点工作。在人人本来都有可能过富足和优闲的生活的时期中，战争完全是愚蠢和残暴的行为。今日世上的大部分疾病是直接或间接由于缺乏食物和良好生活条件所引起的。所有这一切显然都是可以消除的祸害。只有在把这些祸害从地球上消灭了的时候人们才能够感到，科学已经被很好地应用于人类生活了。

不过这仅不过是开端。我们有一切理由可以相信：有一些祸害，诸如疾病或者从事任何不愉快的工作的必要性等等，看上去似乎无法消除，但只要发起一个认真的、有充分经费的科学运动，努力发现上述祸害的原因并予以消除，都是可以加以解决的。让一些对人类有潜在价值的研究工作得不到资助，差不多就等于让人类饿死。

发现需要、满足需要　不过这些都只是科学应用的消极的 411
方面。尽可能消除目前的祸害显然是不够的。我们还必须期望创造出新的美好的事物，更美好的、更积极的和更和谐的个人和社会生活方式。到现在为止，科学还没有触及这些领域。它把科学昌明以前时代的粗糙愿望承受下来，而没有试图加以分析和提高。

象研究自然界那样地去研究人类，去发现社会运动和社会需要的意义和方向，这便是科学的功能。人类的悲剧往往恰恰就在于他成功地达到了自己想象中的目标。科学由于能够向前看并且能够同时理解一个问题的许多方面，理应能够更清楚地判断什么是个人和社会愿望的现实的成分、什么是其幻想的成分。科学可以既通过说明某些人类目的的虚假和不可能、又通过满足其他人类的目的，而带来力量和人类的解放。由于科学变成物质文明的自觉的指导力量，它应该越来越渗透到一切其他文化领域中去。

科学和文化

目前的情况是高度发展的科学几乎和传统学术文化完全隔绝。这种情况是完全不正常的，是不能长久存在下去的。没有任何文化能够永久脱离当代主要的实用思想而不蜕化为学究式的空谈。不过，也用不着设想不对科学本身结构进行极其重大的改革就可以使科学和文化融合起来。今天的科学的渊源和很多特性都恰好来源于物质建设的需要。它的方法从本质上来说是批判式的，其最终的检验标准是实验，亦即实际验证。科学的真正积极部分，即科学发现，是不在科学方法本身范围以内的。科学方法仅仅是为科学发现作准备并确定科学发现的可靠性。人们往往不假思索地把科学发现归因于人类天才的运用，要加以解释就会是亵渎的。我们并没有研究科学的科学。今天的科学的同一缺陷的另一个方面在于它不能妥善地处理各种包含有新颖事物、不容易归结为数学数量公式的现象。为了把科学扩大应用到社会问题上去，就需要扩大科学以补救这个缺陷。科学越是同一般文化融合为一体，就越是需要这样做。科学的枯燥和一本正经的文风使它受到文艺界

人士的普遍抵制，并使科学家自己又添加上种种不合理性的和神 412
秘的色彩。必须把这种枯燥和一本正经的文风消除掉，才能使科学完全成为生活和思想的普遍基础。

在某种程度上，这种改造将是科学界内外现有的各种趋势的融合。各种具体的科学学科；收集证据时的冷静态度；每一因素对于促成最终结果都在量的方面起一定作用的多重因果关系的处理方法；对于偶然性的要素和统计上的或然率的一般理解，这些都有成为人类各种活动的背景之势。同时，历史、传统、文学形式和直观再现，都将越来越属于科学的范畴。科学所描绘的世界面貌虽然不断地变化，但是每经一次变化就变得越加明确和完整，在新时代中一定会成为一切形式的文化的背景。不过单单有这个变化是不够的，为了完成科学所必须应付的新的任务，我们还需要对科学进行改造，不是仅仅把其他学科吸收进来就行了。

改 造 科 学

科学发展的几个阶段都是从大到小，从简单到复杂。科学的第一阶段，即对已知宇宙现象的描述和整理阶段，已经基本上结束了。第二阶段，即理解这个宇宙的机制的阶段，也快要结束了，因为我们已经能够在原则上看到这个解释的梗概了。除此之外，剩下来的便是未知的可能性、而且事实上其中有一部分也必然是不可知的，虽然我们对未来的发展已经可以略见端倪。很显然，如果人类在不久的将来不去毁掉使人类获得文明而不再是先前的纯生物学存在物的惨淡经营的协作事业，科学就得去应付一个越来越变成人类的创造物的宇宙。人类社会在经济学、社会学和心理学方面为自己造成的各种问题，已经成为科学理论和实践的主要困

难所在了。在将来，随着人类解决了征服非人类力量这个比较简单的问题，上述各种问题就会变得日益重要。

新事物的起源问题　这个过程将使人们注意到一些新的情况。社会的发展一部分是自觉的力量所推动的，一部分是由社会内部各种因素之间难以觉察的交互作用推动的。思维越是考虑社
413 会的迅速发展所带来的各种问题，就越是需要改进应付问题的办法，以便处理一些出乎意料之外的新情况。首先纳入理性范围的学科是一些研究最简单的作用的学科——力学、物理学和化学。在这些学科的体系中，一切事物都是始终如一的，不发生任何真正新的情况。我们的理性模式就是根据对这些体系的研究制订的。这种思想方式在生物学中已经开始崩溃了。进化论不仅标志着我们对自然界的认识有所进步，而且也是我们思想方法中关键的一步，因为它包含着人们对科学中的新颖事物和历史的认识。人类的确已经对历史进行几千年的研究了，然而他们并不是以科学精神来进行研究的。正是由于历史可能包含新颖事物，他们甚至根本否认历史可以成为科学。不过人们却没有什么真正理由可以说明，科学为什么不应该学习处理宇宙中的新颖因素。这些新颖因素毕竟也同反复出现的正常因素一样是宇宙的特色。迄今科学还没有这样做，因为它还没有这样做的必要，现在这个问题已经首次正面地提出来了。如果我们要主宰和支配我们的世界，我们就不仅要学会怎样去应付宇宙的有秩序的方面，而且也要学会应付它的新奇的方面，即使它们的新颖性质是由我们自己造成的。

辩证唯物主义　卡尔·马克思是第一个认识到这个问题的人，而且他还提出了如何解决这个问题的办法。他根据自己对经济学的研究，从正统学派感到满足的表面上正常的现象中，深刻地认识到新形式的发展以及产生更新的形式的斗争和平衡。这是对发

展本身的合乎理性的研究的开始，不过在这种研究之中，已经不再可能把观察者和被观察者严格区分开来，这样学者便和他所研究的力量合而为一，一起同呼吸，共命运。在我们的社会和政治领域所经历的动乱和斗争之中，这些思想正在迅速地甚至深入到对这些思想反对得最厉害的敌人阵营中去。这些思想所以正确不仅在于它们能够预言人类发展进程，而且在于它们能够决定人类发展进程。这个任务，在一种认为世界上的事物井井有序、永世不变的科学范围之内，是不可能解决的。

由于科学本身几乎完全是用把一种现象完全孤立起来的方法进行工作的，所以，科学家们往往感到马克思主义的思想方法松散而不科学，或者用他们的话来说，是形而上学的。不过在科学上只有严格控制实验的环境或者应用的环境，才能把一种现象完全孤立起来。只有在知道一切因素之后，才能作出充分意义上的科学预言。当新事物出现在宇宙中的时候，显然无法知道所有的 414
因素，因而把现象完全孤立起来的科学方法就无法处理新的事物。不过从人类的观点看来，能够处理新事物同能够处理自然界正常秩序一样必要。科学把自己的研究范围局限于后者是完全正确的。只有当科学认为人类智慧对正常秩序以外的事物无能为力的时候，只有当科学认为凡是不能“科学地”加以处理的事物就不能合乎理性地加以处理的时候，科学才是错误的。

理性的扩展　马克思主义的伟大贡献是：它在人的问题上扩大了理性所能达到的范围，把崭新事物出现的可能性也包括进去。不过，这要受某些必要的条件的限制。首先，有关新事物的预言在精确程度上决不能同科学中孤立起来的有规律的现象相提并论。虽然精确知识一向被视为理想，精确知识和一无所知的问题并不是一个非此即彼的问题。甚至在科学本身内部也还有着大片

大片的无法取得精确知识的地带。例如，现代物理学的整个趋势就说明：在原子现象方面，我们不可能期望获得精确知识。不过我们可以依靠大量事件的精确统计来绕过这个困难。同样，临界性变化、即影响人类社会的战争和革命的精确日期和地点也是无法预测的。由于仅有一个人类社会，在这里，统计的方法不是完全适用的。然而某些经济和技术制度的内在不稳定性一般是可以证明的。这些制度的崩溃是不可避免的，虽然到底什么时候崩溃，可能有几十年的出入。

将来的趋势　连完全不了解马克思主义的预言所依据的方法的人们也毫不怀疑：马克思主义者是有分析事态发展的办法的，因此，他们能够比科学思想家们早得多地判断社会和经济发展的趋势如何。可是不少人由于不加辨别地接受了这一观点，就以为马克思主义仅仅是另一个天意目的论。他们以为马克思订出了人们不管愿意不愿意都得遵循的必然的社会和经济发展方针。这完全是一种误解。马克思主义的预言并不是制订了这样一项发展规划的结果。反之，他们强调指出这是办不到的。在一定的时刻所能看到的只是当代的经济和政治力量的组成，它们之间必然的斗争以及斗争结果将要产生的新情况。除此之外，我们只能预见到
415 这是一个过程，至今还没有终止，而且在将来必然会取得新的、完全不可预料的形式。马克思主义的价值在于它是一个方法和行动的指南，而不在于它是一个信条和一种宇宙进化论。马克思主义和科学的关系在于马克思主义使科学脱离了它想象中的完全超然的地位，并且证明科学是经济和社会发展的一个组成部分，而且还是一个极其关键的组成部分。它这样做，也就可以剔除在整个科学历史进程中渗入科学思想的形而上学成分。我们正是靠了马克思主义才认识到以前没有人分析过的科学发展的动力，而这种

认识也只有靠马克思主义的实际成就才能体现在为人类造福的科学的组织形式中去。

人们必将认识到科学是根本性的社会变革的主要因素。经济和工业制度使得、或者说应该使得文明保持下去。技术不断改进的过程使得生活的范围和便利不断扩大。科学理应使技术本身不断发生不可预料的根本变革。这些变革是否适应人类需要和社会需要，可以说明科学适应于其社会功能的程度。

只有到这场斗争结束之时，我们才能够知道这些萌芽的见解的全部价值。在我们看来，这场斗争虽然似乎是无穷期的，但在历史上也将只是一幕而已，当然，这一幕也是重大的关键性的一幕。然后，人类就将接受它的物质遗产，非但不会减少对科学的需要，反而会对它提出更大的要求，要它解决更大的、必须正视的人类和社会问题。为了应付这个任务，科学本身必须改革和发展。它在这样做的时候，将不再是少数幸运儿所专有的学科而将成为人类共有的遗产。

作为共产主义的科学　　科学实践是人类一切共同活动的原型。科学家们已经承担起来的任务——理解和控制自然界和人类本身——仅是人类社会的任务的自觉的表现。人们为了尝试完成这一任务所使用的方法，不管运用得多么不完善，都是人类为了保障自己的前途最有可能采用的方法。就其奋斗的过程而言，科学便是共产主义。人们在科学中已经学会自觉地服从一个共同目的，而不丧失他们的成就的个性。每一个人都知道，自己的工作有赖于前人和同道的工作，而且自己的工作只能通过后人的工作才能开花结果。在科学工作中，人们互相协作并不是因为上级的权威强迫他们这样做，也不是因为他们盲目地追随某一上天指派的领袖，而是因为他们认识到，只有在这种自愿的合作中，每一

416 个人才能找到自己的目标。决定行动的不是命令，而是忠告。每一个人都知道，他的工作只有依靠别人真诚无私地提出的忠告，才能取得成功，因为这些忠告再精确不过地表现了物质世界的无情的逻辑、即严酷的客观事实。我们无法随心所欲地改变客观事实，只有承认这种必然性，而不妄想对必然性置之不理，才能得到自由。

这些便是我们在科学研究中痛苦地而且不完备地学到的一点东西。这些东西只有在人类的更广泛的任务中，才会得到充分利用。

附　　录

I．关于大学和科学学会的图表

(A) 文科、理科、医科和工科的职位数目与分配

(a) 各部门的教授和其他领导；　(b)其他教学人员

大　　学	文	科	理	科	医	科	工	科
英格兰	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
伯明翰	23	42	6	35	5	18	7	31
布里斯托尔	10	28	9	52	6	21	3	8
剑桥	46	187	23	119	2	13	5	39
达勒姆	20	51	16	38	9	11	5	14
埃克塞特	6	26	5	13	—	—	—	—
利兹	19	39	9	47	7	37	9	77
利物浦	22	3	10	29	13	24	10	29
伦敦	100	244	68	236	78	197	18	106
曼彻斯特	25	75	9	42	8	32	15	110
诺丁汉	9	28	10	28	—	—	6	26
牛津	79	378	27	82	12	23	2	8
雷丁	15	31	7	16	—	—	14	21
谢菲尔德	14	17	7	24	7	10	10	42
南安普敦	9	24	6	21	—	—	1	7
英格兰大学合计	397	1173	212	782	147	386	105	518
威尔士								
阿伯里斯威思	15	30	8	15	—	—	—	—
班戈	13	22	5	12	—	—	2	2
加的夫	13	32	6	19	2	9	3	7
斯旺西	8	19	5	15	—	—	1	8
威尔士国民医学院	—	—	—	—	6	9	—	—
威尔士大学合计	49	103	24	61	8	18	6	17
苏格兰								
阿伯丁	24	27	5	17	10	15	3	4

续 表

大学	文科		理科		医科		工科	
爱丁堡	40	42	5	27	12	36	7	12
格拉斯哥	22	69	5	38	9	41	3	14
格拉斯哥皇家技术学院	—	—	—	—	—	—	15	80
圣安德鲁斯	23	18	11	30	7	11	4	4
苏格兰大学合计	109	156	26	112	38	103	32	114
英国大学合计	555	1432	262	955	193	507	143	649

此表系根据大英帝国大学局提供的数字核算的。

418 **(B) 各年级专职教学人员的人数和平均收入**

	教授	高级讲师 助理教授和 独立讲师	讲师	助理讲师 和 实验员	其他
英国总计 1934—1935	855	374	1391	856	259
平均工资 1934—1935	1095镑	664镑	471镑	308镑	384镑

据大学津贴委员会报告。

(C) 理科、医科、工科和农科高年级学生的人数和分配

学习科目	正规学生		选修学生	
	男	女	男	女
数学	86	3	38	6
天文	4	—	—	—
生物	1	—	—	1
植物	91	24	17	20
化学	472	30	78	7
应用化学	46	—	25	1
生物化学	40	11	6	4
胶体科学	8	—	—	—
昆虫学	23	2	7	—

续 表

学习科目	正规学生		选修学生		
	男	女	男	女	
优生学	5	—	2	1	
遗传学	6	3	2	1	
地质学	34	5	6	1	
地球物理学	1	—	—	—	
矿物学	5	—	—	—	
真菌学	—	—	1	—	
海洋学	1	—	—	—	
物理学	200	12	39	5	
动物学	80	21	17	15	
科学原理、历史和方法	4	—	30	2	
理科合计	1107	111	268	64	
医学	33	1	190	8	
外科	22	—	222	8	
妇产科	2	1	11	3	
麻醉学	3	—	1	—	
解剖学	2	—	5	1	
细菌学	19	4	3	1	
肿瘤调查	5	—	—	—	
口腔外科	—	—	1	—	
皮肤学	2	—	—	—	
胚胎学	1	—	—	—	
流行病学和人口统计	2	—	—	—	419
蠕虫学	1	2	—	—	
组织学	1	—	—	—	
药物学	—	—	1	—	
矫形学	—	—	12	1	
寄生虫学	4	—	—	—	
病理学	4	—	21	—	
病理学和医学	—	—	1	—	
药理学	9	1	5	—	
生理学	40	5	12	5	
公共卫生	1	—	—	—	
放射学	—	—	6	—	

续 表

学习科目	正规学生		选修学生	
	男	女	男	女
治疗学	1	—	—	—
结核病学	2	—	—	—
医科合计	154	14	491	27
航空学	22	—	1	—
建筑学	5	—	12	—
建筑术	2	—	—	—
染色工艺学	7	—	—	—
普通工程学	24	—	2	—
化学工程学	42	—	1	—
土木工程学	43	—	7	—
电机工程学	61	1	10	—
机械工程学	35	—	15	—
燃料工艺	17	—	4	—
玻璃工艺	1	—	—	—
皮革加工	1	—	1	—
冶金学	39	—	12	—
军事研究	1	—	—	—
采矿	3	—	3	—
造船学	4	—	1	—
石油工艺	6	—	1	—
纺织原料	25	—	4	—
城乡规划	—	—	6	—
工科合计	338	1	80	—
农业	32	3	2	—
农业细菌学	2	1	—	—
农业植物学	8	—	—	—
农业化学	1	—	—	—
农业经济学	7	—	—	—
农业昆虫学	1	—	—	—
牛奶细菌学	4	1	3	1
林学	2	1	—	—
园艺学	2	1	—	—
农科合计	59	7	5	1
合计	1658	133	844	92

据大学津贴委员会1935—1936年统计表。

(E) 主要科学学会所属科学家人数 422

学　会	会员人数
化学研究所	7,100
化学学会	3,775
物理学会	1,100
地质学会	1,180
天文学会	918(包括国外的48名非正式会员)
生物化学学会	940
矿物学学会	260

这些数字仅包括一些最大的科学学会。从这些数字中很难得到科学工作总人数的某种概念。一则因为不是所有的学会成员都从事科学活动;反之,所有的科学工作者也不一定都属于某个科学学会。再则,其中有很大数目的重复现象。如果把化学研究所,物理学会,地质学会的会员人数及生物化学学会会员的一半加在一起,也许可以获得总人数的某种概念。此外再加上动物学和生物学的1,500人,总共11,250人代表非医学科学。最难统计的是正在从事科学研究的工作者人数,但估计最多不超过3,000人,加在一起总共为14,250人。

II. 政府资助的研究

(A) 政府科研经费,1937年

陆海空军(见427页)		1,536,000镑
科学和工业研究部		583,000
农业和渔业部(包括苏格兰63,000镑)	469,000镑	
农业研究理事会	61,000	
林业委员会	15,000	
		545,000
医学研究理事会	195,000镑	
卫生部	4,000	
		199,000
开发委员会	121,000镑	
采矿局	2,000	
运输部	70,000	
邮局	88,000	
工程局	180,000	
		361,000
移民部	43,000	
自治领部	13,000	
		56,000
		3,280,000镑

423 科学和工业研究部

(B) 科学和工业研究部年度经费概况

(截止于1937年3月31日)

机　　构	粗略估计(镑)	收　入(镑)	精确估计(镑)
总部	29,685	1,209	28,476
国家物理实验所	244,081	138,492	105,589
建筑和公路研究	87,957	55,693	32,264
化学实验研究所	26,420	5,274	21,146
食品研究	54,926	15,928	38,998
林业产品研究	41,281	1,899	39,382
燃料研究	105,660	12,851	92,809
水面污染研究	10,613	9,215	1,398
多种项目	7,521	4,519	3,002
地质勘探和博物馆	70,241	1,792	68,449
研究津贴			
研究协会等	126,510		126,510
学生助学金等	25,285	78	25,207
	830,180镑	246,950镑	583,230镑

据科学和工业研究部1936—37年度的报告，168页。

(C) 1936—37年度研究协会的收入

研　究　协　会	收　入(镑)		占行业纯产值的百分比
英国煤矿主	5,030		0.003
英国铸铁	14,865	66,681	0.07
英国钢铁联合会	51,816		
英国有色金属	28,521		0.12
汽车工程师协会	16,763		0.03
英国电气工业研究协会	81,073		0.18
英国耐火材料业	9,909		0.06*
英国食品制造业	4,668		
可可、巧克力、糖果制造和果酱商业	6,891	24,368	0.03
英国面粉业	12,809		
英国颜料、染料和油漆制造业	15,998		0.18
英国橡胶制造业	11,360		0.06
424 英国皮革加工业	19,387	24,424	0.09
英国长统靴、鞋和有关商业	5,037		

英国棉花工业	80,239	119,440	0.08
羊毛工业	19,913		
亚麻工业	19,288		
英国洗衣业	10,818		0.015**
印刷和有关商业	10,130		0.014
英国科学仪器	9,257		0.15
	433,772镑		

收入数字据科学和工业研究部1936—37年度的报告。

* 在全部陶器工业中所占百分比　　** 在所有的服装工业中所占百分比

(D) 研究协会接受政府津贴和工业捐助的总额

年　度	协会的数目	工业捐助 千镑	政府津贴 千镑	合计千镑	与上一年相比增减的百分比
1920	17	96	65	161	
1921	21	108	84	192	+19
1922	21	111	93	204	+6
1923	21	121	103	224	+10
1924	21	113	100	213	-5
1925	20	118	88	206	-3
1926	21	111	78	189	-9
1927	19	115	60	175	-8
1928	19	124	54	178	+2
1929	20	153	79	232	+25
1930	20	158	82	240	+3
1931	20	160	88	248	+3
1932	20	167	68	235	-5
1933	19	174	59	233	-1
1934	19	191	86	277	+19
1935	19	232	109	341	+23
1936	18	250	127	377	+11

数字据科学和工业研究部

425 III. 工 业 科 研

（A）英国大小工厂的数字

（1933年的数字，据内政部）

雇佣1000名以下工人的工厂数字	159,850
雇佣1000名以上工人的工厂数字	335
工厂中雇佣职工的数字	4,990,421

美国的情况，参看V.D.卡扎赫维奇所著论文，载《科学与社会》第2卷第195页

（B）学会、政府和工业企业提供给各种科学刊物发表的论文数字

刊物	年	学会		政府		工业企业		合计
		数目	百分比	数目	百分比	数目	百分比	
皇家学会记录汇编（A）	1924	63	96	3	4			66
	1929	117	92	7	6	2	2	126
	1932	127	93	7	5	3	2	137
	1936	130	90	6	4	8	6	144
皇家学会记录汇编（B）	1924	52	96	2	4	—	—	54
	1929	53	95	3	5	—	—	56
	1932	74	93	3	4	2	3	80
	1936	64	89	7	9	1	2	72
化学学会会刊	1929	150	90	6	4	9	6	165
哲学杂志	1932	187	92	14	7	2	1	203
（仅只十个月）	1936	127	95	5	4	1	1	133
		1144	93	63	5	28	2	1235
四种技术刊物	1924	25	39	16	25	23	36	64
	1929	30	30	27	27	42	42	99
	1932	26	28	34	37	32	35	92
	1936	30	28	45	42	32	30	107
		111	31	122	33	129	36	362

（这些数字系M.H.F.威尔金斯和D.R.纽思所收集）

四种技术刊物是：土木工程师协会记录汇编；机械工程师协会记录汇编；电气工程师协会记录汇编和建筑工程师协会记录汇编。

(C) 各企业的工业研究经费

企业名称	雇员人数	经费	426
W.H.艾伦，贝德福	6	4,000	
阿姆斯特朗·惠特沃思，盖茨黑德	6	1,200	
奥德利工程，希罗普郡新港	2	550	
自动化工程，特威克南	4	1,500	
阿瑟·鲍尔弗，伦敦，E.C.2	9	4,000	
英国发动机锅炉，曼彻斯特	3	3,000	
布伦顿斯，穆索耳布尔格	3	2,000	
威廉·巴特勒，沃尔弗汉普顿的布鲁韦里	1	1,000 以下	
C.H.钱皮恩，伦敦，W.1	4	12,000	
C.M.D.工程，沃里克	2	1,000	
批发合作社	9	10,000	
J.丹普里，泰恩河上的纽卡斯尔	9	2,000	
D.R.邓肯，温布尔顿	3	30	
爱迪生．斯旺，恩菲尔德	1	3,000	
格伦菲尔德和肯尼迪，基马尔诺克	6	3,800	
Glaxo，伦敦，N.W.1	11	8,000—10,000	
约科橡胶，格拉斯哥	2	1,500	
罗伯特·詹金斯，罗瑟勒姆	1	1,500	
杰伊斯，普莱斯托	2	1,000	
乔治·肯特，卢顿	4	6,000	
D.W.肯特—琼斯，多佛	2	5,000	
利默尔和特立尼达沥青池，伦敦	8	3,500	
李斯特公司，布雷福德	6	2,000	
米尔利斯·沃森，格拉斯哥	1	500	
全国苯公司，伦敦，S. W. 1	6	5,000—10,000	
全国冶炼公司，阿冯默思	6	6,000	
轧钢，牛津	3	2,500	
赖利，考文垂	3	1,500	
谢菲尔德冶金公司	4	2,500	
斯坦德法斯特印染公司，兰开斯特	4	2,000	
斯坦顿铁器公司，诺丁汉	22	1,000	
联合钢铁公司，谢菲尔德	7	20,000	
沃纳父子公司，伦敦E. C. 1	1	750	
合计	159	119,330	

750镑

摘自“工业研究实验室”（艾伦与昂温，1936年），科学工作者协会编。

这些数字不象它们所表示的那样令人满意。显然，不同的企业根据不同的原则为研究经费作出预算。同样情况，科学工作者人数的数字在某种情况下仅代表有学位的科学家，而在另一种情况下则包括未受过训练的助手。然而，这是我们掌握的有关工业科研经费的仅有的统计数字，并可作为对情况的一个粗略估计加以引证。

427 IV. 军事研究经费

下列数字根据三军1937年的预算

	科学家的人数	缩减的数字		粗略估计
空军的科学研究		镑	镑	镑
研究站的维持，科学家和助手的工资		310,000		
研究站建设的年度经费总额		148,000		
各分支部门，给其他机构的津贴，给发明人的报酬等		247,000		
气象科研		2,500		
空军部研究人员		20,000		
	110	727,500	727,500	974,000
陆军的科学研究				
维持及科学家和助手的工资		395,000		
研究站建设的年度经费总额		57,000		
给其他机构的津贴、给发明人的报酬等		10,500		
行政管理		20,000		
	506	482,500		
减去空军部和海军部的捐助		91,000		
			391,500	1,030,000
海军的科学研究				
维持和科学家与助手的工资		274,000		
研究站建设的年度经费总额		90,000		
给其他机构的津贴、多种开支		84,000		
	226	448,000		
减去陆军部和空军部的捐助		31,500		
			416,500	760,000
科学家人数小计	842			
三军合计			1,535,500	2,764,000

这些数字是把三军预算中所有有关科学研究工作的经费加在一起计算出来的。一般来说，技术工作和研究工作均在同一研究站中进行的。在上 428
述情况下，科学和技术工作者的工资总额是在二者之间按比例核算出来的；同时，研究站的维持费和行政管理费是在二者之间按比例划分的。例如在海军预算中，下院第六号决议案通过的有关科研部门经费是586,000镑，按上述办法缩减为274,000镑。科学研究站的费用中缩减的数字上，我们又添上建设新研究站的费用，总部成员的费用，对其他主要研究机构的捐助等。

这两套数字是有关军事目的的纯科学研究所需费用的精确估计和关于研究与开发的经费的粗略估计，其意义不同。第一套数字代表用于军事目的的科学工作经费数字；第二套数字，如果不是战备需要，就可能是用于发展科学的金额。这两个数字都应与政府用于非军事科学的经费总数相比较。

V. 议会的科学委员会报告 429

下列文件摘自"科学和工业研究部（包括研究协会）有关发展和资金的备忘录，根据英国科学协会和科学工作者协会联合委员会的初步备忘录编制"。

（A）由于科学和工业研究部的科研工作而取得的某些节约效果

正进行的研究	研究的性质	政府津贴研究协会合计	已付年数	各行业每年节约的估计数	
第一组		镑		镑	镑
钢铁工业研究理事会	高炉、焦炭和煤利用	23,000	4		1,700,000
铸铁研究协会	铸造模沙			100,000	
	均匀鼓风化铁高炉			200,000	
		42,000	12	——	300,000
有色金属研究协会	燃烧室持续和控制	72,000	13		800,000
第二组	电缆负荷			100,000	
电气工业研究协会	高空传送			300,000	
	绝缘油			100,000	
	汽轮机蒸汽喷嘴			140,000	
	其他调查研究			360,000	
		106,000	12	——	1,000,000
第三组					
耐火材料研究协会	烧箱更换	25,000	13		150,000

续 表

正进行的研究	研究的性质	政府津贴研究协会合计	已付年数	各行业每年节约的估计数
第四组	苹果病害			250,000
食品工业调查研究委员会	食用肉上的粉霜			100,000
		44,000		—— 350,000
第五组				
棉花研究协会	多种调查研究	171,000	16	300,000
	合 计	440,000		3,250,000

评述 此表当然是一个非常粗略的资料。利用现有的会计制度要得
430 出花费在一项特殊研究上的精确款项或者甚至要得出工业大致节约多少是不可能的。无论如何,科学研究的精确的节约作用基本上是无法测量的。这些数字自然仅仅表示节约成果的概数。也自然仅只表示随意选择的研究项目。这里只提到六个研究协会,其中每个协会除表中所列项目外,还在进行许多其他研究。从保守的估计来看,这些协会花了不到一半的费用用于这些研究项目,再加上工业的直接捐赠,我们可以估计,工业研究每年不过400,000镑总费用每年产生不少于3,200,000镑的节约成果,每年赢利是投资的800%。

(B) 发展工业科研的建议

在下表中可以看到现有的政府经办的或政府资助的与工业有关的研究机构的概况。这些机构是按它们相应的工业而归类的。如果所列工业包罗了国家所有的重要工业和事业,那末便可看出在现行计划中有几处空白。在表中的最后一栏中,试图设想出全面规划所需设立的新研究协会、新研究委员会和新研究所。这些实际上全系初步设想的,需要经过比迄今更加深入细致的考虑。在此表中没有考虑到政府各部为其自身的目的及私人企业所进行的研究,要对这个国家的研究设施和必须研究的项目作出一个广泛而有效的考察,这一点必须考虑在内。

总之,在此表后面的详细的建议中,我们把这些因素考虑在内作出了某些设想,并指出主要需要发展的是那些自身并没有进行任何研究,而对他们来说进行研究无疑将具有实用价值的工业。

表 一 431

工业或劳务	从净产值中征收1-10%税收千镑	1935年政府主办或政府资助的研究机构	合乎需要的研究机构
I. 重工业			
采矿和采掘	155	地质勘探和博物馆*	采矿和采掘研究委员会
		苏格兰油页岩研究协会*	地球物理研究所(1)
		煤矿主研究协会*	金属采矿研究协会(2)
		燃料研究委员会	采掘产品研究协会(3)
钢铁	92	冶金研究委员会	金属研究所的基础研究
		工业研究协会	
		铸铁研究协会	
		国家物理实验所冶金部	
有色金属冶金	24	有色金属冶金研究协会	
II. 工程学			
机械	93	国家物理实验所工程部	工程研究委员会
			机械工程研究协会(4)
电机		国家物理实验所热力部燃料研究委员会	
造船	28	国家物理实验所弗劳德造船试验池	造船研究协会
铁路	24		
汽车	54	研究和标准化委员会	
飞机	6	国家物理实验所空军部空气动力学部	
电气	45	电气和有关工业研究协会	
		国家物理实验所电气部	
轻型			机械建筑和轻型工程研究协会(4) 432
土木	152	(建筑研究委员会在做某些调查研究)	土木工程研究协会(4)
III. 建筑和建筑材料制砖和水泥	25	(建筑科研委员会在做某些调查研究)	硅酸盐研究所的基础研究
			砖和水泥研究协会
陶器和玻璃	18	耐火材料研究协会	陶器研究协会**
			玻璃研究协会

续　表

工业或劳务	从净产值中征收1—10%税收　千镑	1935年政府主办或政府资助的研究机构	合乎需要的研究机构
建筑工业	130	建筑研究委员会	国内工程研究所(5)
IV.化学工业			
重化学工业	46	化学研究委员会	国家化学实验所的扩大部分(6)
			化学制造业研究协会
精制化学工业	15	化学研究委员会	精制化学制品和制药业研究协会
食品工业	90	食品调查研究委员会	
		食品加工业研究协会	
		可可、果酱等研究协会	
		面粉厂研究协会	
酿造和烟草工业	96		酿造和蒸馏研究协会
			烟草研究协会
433 V.颜料，橡胶，塑料，皮革			
颜料工业	9	颜料，染料和清漆制造业研究协会	塑料，橡胶和皮革研究委员会
橡胶和塑料	17	橡胶制造业研究协会	塑料工业的基础研究
皮革工业	26	皮革加工业研究协会	
		长统靴和鞋研究协会	
VI.纺织工业			
纺织工业	143	羊毛研究协会，棉花研究协会（人造丝发展协会）	纤维工业(的基础研究)
		亚麻研究协会	
服装工业	70	洗衣业研究协会	服装工业研究协会
VII.木材，造纸和印刷			
木制品和家具工业	32	林业产品研究委员会	（与林业产品研究委员会的扩大部分，相配合的木材，造纸和植物纤维商业研究）
			木制品和家具研究协会
造纸工业	29	森林产品研究委员会	造纸工业研究协会
印刷工业	74	印刷工业研究协会*	
各种轻工业	22	印刷工业研究协会	轻工业研究协会
434 VIII.运输			

续 表

工业或劳务	从净产值中征收1-10%税收 千镑	1935年政府主办或政府资助的研究机构	合乎需要的研究机构
公路运输		公路研究委员会	在科学和工业研究部各运输公司、官方及运输部共同指导下的运输研究委员会，设有关于公路***、铁路***、海运和空运的独立研究所
铁路运输			
海运与内河运输			
航空运输		空军部	
IX.通讯系统			
电信电话		邮局研究实验所	
广播		广播研究委员会	
电影、电唱机和摄影工业		国家胶卷研究所	光学研究所 电影机和有关工业研究协会
科学仪器工业		科学仪器研究协会	
X.分配和管理			
分配业	570	科学仪器研究协会	经销行业研究协会
职员和管理工作		科学仪器研究协会	商业福利和效率研究协会

* 目前没有接受政府津贴。

* * 1938年现有的。

* * * 现在已经有了。

(1) 这自然将成为地质勘探和博物馆的一部分。 435

(2) 如果不设立一个研究所，为了达到这一目标，也可以由皇家采矿研究所当局增加补助金，加上矿业公司的一笔保证捐款。无论哪种情况，与帝国其他矿业研究协作是合乎需要的。

(3) 采掘产品研究也可由建筑研究委员会利用一笔新增加的补助金津贴和采掘公司的一笔保证捐款进行。

(4) 这些研究协会的任务可以由建议成立的工程研究委员会协同机械工程师协会和土木工程师协会用有关工业的保证金进行。

(5) 可与建议成立的烹调研究所合并。这些机构将主要需要由政府津贴来支持，虽然也可能用旅馆经理协会，地方当局等部门的捐款来资助。

(6) 国家化学实验所需要发展到象国家物理实验所那样的地位，并应象国外的类似机构一样。国家化学实验所应有一些独立的部门，如无机化学，有机化学，物理化学(包括光化学和反应研究)，电化学，光化学，结

构化学(通过光谱学、X光和电子方法分析物质)，地球化学（与地质勘探合作)和工业生物化学(与医学研究委员会合作)。

表 二

建议成立的新研究协会		分配	c
金属采矿	a①	商业福利和效率	c
石矿产品	a	**建议成立的新研究委员会**	
机械工程	a	采矿和采石	
机器构造	a	工程	
土木工程	d	塑料，橡胶和皮革	
造船	d	纺织	
制砖和水泥	d	运输	
陶器	d	消费研究委员会	
玻璃	d	**建议成立的新研究所**	
化学制造	b	地球物理学	
细化学和药物	b	光学	
酿造和蒸馏	c	金属	
烟草	b	硅酸盐	
服装工业	c	塑料	
木制品和家具	c	纤维	
造纸和有关工业	d	烹调	
轻工业	c	家庭工程学	
436 电影摄影机和摄影工业	b	国家化学实验所扩大的附属研究所	

① 见下面边码第436—7页的注释。

按表中所示，从工业研究设施的调查中可以看出需要设立20个新的研究协会，7个为了研究与工业密切相关的基本问题的委员会及6个起协调作用的研究所。然而这些需要的迫切程度并不相同，同时在某些情况下并不必需立即成立新机构。

(a) 新的研究协会(见表二)的基础根本不同，因此在20个建议成立的研究协会中，那些金属采矿，机械工程，轻型工程和土木工程的研究经费系由政府和工业为专门机构的科研工作提供保证补助金。另外两个石矿产品和造船业的研究工作，将相应地由建筑研究所和国家物理实验所的弗劳

德船模试验池承担。研究协会之所以合乎需要主要是因为这样可以使科学和工业二者密切接触，而不象单纯政府的或单纯学会的活动那样。

(b) 重化学，烟草，电影摄影和摄影等工业，由少数有关的公司控制，全部靠它们自身进行研究。只有当从国家利益考虑，工业研究在任何领域中的结果不应完全由私人控制时，才考虑求助于研究协会。电气及有关工业研究协会的工作已经表明，至少同已提到的那些一样，在高度组织起来 437
的工业方面，这样的机构有时是多么有价值的。

(c) 其余的工业和劳务当中有六项都是传统性质的：酿造，服装工业，木制品和家具，轻工业(纸盒制造行业、玩具和小工艺品等)、推销商业和企业(经营技术和管理)。这些部门的科研价值也可能暂时得不到充分的肯定，暂时也得不到工业方面的大量捐款。那末，可以成立一些小的研究协会，主要由政府津贴来支持(在第一种情况下，全部费用可以由国内货物税务局的收入中征集)，这些研究协会的作用首先是为工业沟通情报和充任全面顾问。

(d) 制砖、水泥、陶器、玻璃和造纸工业急需已在其他工业中设立的那种类型的研究协会。这些工业在国内和出口市场①上同样重要，如果近年来出口方面出现下降，主要因为没有采用现代化方法和忽视了科学方法(当然精制化学制品除外)。在这个领域里，耐火材料协会的工作和其以少量代价节约的大量资金(烧盆研究每年节约约160,000镑)表明在所有这些工业中可以做到什么。假使在开始，这笔费用由政府负担的比例很大的话，仅需要五、六年，研究工作的价值就会受到工业方面的充分重视。

注 从这份报告最早提出以后，科学与工业研究部曾建议设立一个陶器和制砖工业研究协会作为英国耐火材料研究协会的扩大部分。可能还考虑到类似部门的进一步发展。这些计划之所以没有很快地付诸实行，不是由于这个部门方面不想这样作，而是由于该工业部门所表现出的极端保守观点，特别是当这类工业部门拥有一大批小公司的时候。在这种情况下征收某些税款和提高税率将是最成功的。

---

① 仅陶器一项，净生产价值是9,500,000镑(1930年)，出口为3,556,701镑(1935年)。

研究委员会

为了更好的协调和规划扩大正在进行的工业研究工作，也曾提出要成立5个新的研究委员会(见表二)，类似于已经有的冶金、建筑、公路和食品研究委员会。如果要使研究工作取得有效的发展，重要的不仅是要由政府的科学与工业研究部和研究协会配合工作，而且也要把这项工作与其他各部和专业协会的研究工作联系起来。因此，诸如运输研究委员会将由运输
438 部，空军部，科学和工业研究部和运输研究所以及各运输组织的研究服务机构的代表组成。它的主要任务是推动研究人们普遍感兴趣的运输效率问题，排除运输研究在细节上的重复，并收集，摘要和发布情报以推进运输研究工作。建议成立的其他研究委员会将作出类似的安排，但是消费者的研究协会将属另一类型。这一类协会将需要更广泛的代表性。除了三个属政府研究部门的代表以外，还应包括直接来自各种不同收入阶层的消费者的代表。它要发挥的重要作用是把科学与工业研究部对生产程序和生产成本的自然考虑与对消费者的需要、爱好和最能满足消费者的需要和爱好的价格的考虑这二者的关系加以平衡。

研究所

这个国家在提供介于各大学所进行的纯科学研究与属于研究协会和私人企业实验室职能的实用研究二者之间的那种类型的研究所方面，远远落后于其他国家，主要落后于德国、美国和苏联。在一定程度上，这一职能由国家物理实验所的某几个部门来完成，但规模很小。皇家协会、蒙德实验研究所、戴维—法拉第研究实验室是建议成立的这类机构中已成立的仅有的几个。现在所需要的这类研究所应能把有关某一工业或某一类工业的基本原料各方面特性或生产工序的各个方面的各种研究汇总在一起。这一类研究所将解决那些更为长期的和基础性质的一般问题，并设计出新的原料和工序，它的实际效用可以在研究协会的实验室中得到验证。例如建议成立的地球物理、光学、金属、硅酸盐、塑料及纤维的这类研究所，几年前在其他国家就已经有了。著名的有柏林的凯撒·威廉研究所集体、华盛顿的地球物理研究所和列宁格勒的光学研究所都证实在科学上和工业上已作出了显著的贡献。

直到最近，除了韦尔克姆基金会的各实验所或皇家研究所所属戴维—

法拉第实验室以外，在我们国家这类研究所还很少。因此，持保守观点的人常常对创建这类研究所持怀疑态度，他们宁愿津贴大学中那些已有各系，而不愿接受上述方案。不过，应该认识到，为了半工业研究就需要比纯科学研究规模更大和经费更贵的那类实验室，而建立这类实验室则不是最富有的大学便无力办到。在大学和研究所之间建立一些联系是非常需要的，但同时更应强调它们各自都应保留一定程度的独立性，特别是要想使它们与工业联系紧密，并具有充分实际价值的话。

国家化学实验研究所发展到与其在科学和工业上的重要性相当的程度 439
将是研究所发展计划的重要内容。各独立的研究所可以依靠国家物理或化学实验所，或直接由科学与工业研究部来管理。无论哪一种情况，把它们按有关工业去分配将是方便的。如金属研究所可以设在谢菲尔德或伯明翰，纤维研究所设在曼彻斯特或利兹，硅酸盐研究所设在斯塔福德郡。

研究所可由科学与工业研究部里直接拨给资金，在某种情况下，也可从工业捐款中提供。某一工业对各研究协会的补助金，可按一定比例专门用于一般研究所。

建议设立的机构的经费

这些发展的粗略估计费用可从现有的数字中推算出来。如果所建议的计划全部实现，这意味着要建立6个大的和14个小的研究协会。估计这些协会的年收入为20,000镑到10,000镑不等，全部收入约为260,000镑。假如我们设想在头五年内，这些研究协会的经费全部由政府负担，以后的数字将保持在$\frac{1}{3}$，每年的津贴将由130,000镑降至90,000镑，或者与前19个研究协会的数字差不多。

由于这项计划因组织上的困难或工业方面的落后而不能立即全部付诸实行时，我们最初可以预计约$\frac{2}{3}$可行，全部经费为80,000镑．在新协会的好处表现出来以后，工业所出的经费会逐步增加。建立7个研究所也将使用70,000镑至100,000镑，而国家化学实验研究所及其所属研究则每年另需100,000镑。新的经费总额毛数将达250,000镑和300,000镑；或净数200,000镑和250,000镑（扣除收费和使用费等）。目前部的费用净数为550,000镑。因

此，由于建议将使经费增加35—45%。

基本建设的费用是无法估计的。这笔经费将出自特殊津贴或靠贷款。无论怎么样，从已经取得的成果来看，我们可以相信，这笔增加的经费一项在完成和完备整个英国工业的研究计划所获得的收益上将充分得到弥补。

（C）1937年4月29日随委员会报告呈枢密大臣的建议

A

1. 由政府方面对研究所（国家物理实验所等）和研究协会的资助采取预先整批津贴的形式，以五年至十年为一期。

440 2. 科学和工业研究部连同医学和农业研究委员会通过与工业企业，这类企业的协会或其他单位协商，争取获得一项协议保证在相应期限内对研究协会、研究站等提供资助。

3. 研究部应开始与研究设施不足的各工业方面谈判，以便建立广泛的政府资助的工业研究体系。

4. 用于现存的和新的科学研究、科学实验和科学调查的款项总数，要根据一个预定的计划逐年分别增加，并对额外的开销给以补助。

B

5. 在工业繁荣变化无常的时期，为了保持连贯和适当扩大科学研究（据建议1、2、3、4），应设立一项“国家科学研究基金”。

6. 每年从财政部获得的基金总额为3,000,000镑（或2,000,000—4,000,000镑）或海关收入的10%。

7. 每年收入中的一部分将用于支付政府对科学研究的资助。

8. 基金积累的储备将投资于信托证券（除属于第10项建议条款以外），其收入将用于支付科学研究的部分，最后直至全部费用。

9. 研究部要尽可能从工业和农业捐款中提取基金，虽然不必有固定的数目，但应供给若干年，总数要与政府提供的基金相等。

10. 修改法律使其允许接受个人或公司用捐款和遗产提供的基金，而免征所得税，特别附加税或遗产税，并允许接受工业企业的股票为基金。

11. 科学研究基金的管理和支付权属于一个自主的权力机构，科学研究基金委员会，它的成员由政府各部、工业、农业、科学和医学机构，大

学和群众代表组成。

注　建议A(1、2、3、4)与是否采用建议B(5—11)中所包括的计划无关。如果建议B计划被采用，建议A将仅仅涉及如何管理、维持和发展科研的费用，而不涉及资金的筹措。

参看J. D. 贝尔纳1938年1月在《十九世纪》一书中的文章。

（东　尔译；张　今校）

VI. 法国科学事业的组织 441

法国科学事业组织的总规划还不完备，但是，政府主管的两个主要科研部门已经正式成立起来。这两个机构“中央科研服务处”和“全国科学应用研究中心”分别从事基本研究和应用研究。管理这两个机构的是由著名科学家和有关各部指定人员组成的两个“高级理事会”。统一规划其工作的是一个直接向部长负责的“高级委员会”。它们的经费主要由政府提供，也从各种工业税收中支付。

中央科研服务处主要的革新措施是确定了工作人员的职称级别。这些工作人员的主要任务是从事研究。他们都有适当可能获得晋级和经济上的保障。其级别分为如下四级，分别与大学教学人员的级别相当，英国的大致相应的职称级别附在括号之内：

研究主任	教授
（实验室主任或研究所所长）	（教授）
研究士	副教授
（副所长）	（高级讲师）
研究代表	主讲
（研究员）	（讲师）
研究生	助教
（研究生）	（助教）

各相应的级别大致有一样的薪金和养老金。各相应级别之间可以长期地或短期地自由交流，到不同的机构工作还可能晋升一级。“高级研究理

事会”具有咨询、调协和财务职能。科研工作的实际指导权由高级研究人员掌握。理事会成员一半由教育部指定，一半由科学家小组推选。科学家小组一共有十一个。每个小组由五名选举产生的成员组成，其中三名从四十岁以上的科学家中遴选，两名从四十岁以下的科学家中遴选。

“全国科学应用研究中心”最近才成立。(根据1938年5月24日的法令和1938年9月10日的法令。)第一个法令中载明其宗旨如下：

1. 在相应各部的研究机构，国民教育的研究机构、最后还有有资格的私人组织之间，建立一切可能的联系，以促进同国防有关的科学研究或事业。

442 2. 发起、调协或鼓励教育部的研究人员，最后或许还有私人组织的研究人员所进行的应用科学研究，以便对有关国防的研究或事业有所贡献。

3. 开展私人企业或个人要求加以支援的一切合理的研究工作。

“全国科学应用研究中心”分为二十个部门：(1)水力；(2)采矿；(3)农业和渔业；(4)冶金；(5)化学工业；(6)燃料利用(锅炉，蒸汽机，电动机等等)；(7)机器；(8)纺织、木材和皮革；(9)建筑营造；(10)照明和供暖；(11)土木工程；(12)运输；(13)通讯；(14)国防；(15)印刷，电影等等；(16)轻工业，家俱和家用工程；(17)卫生；(18)营养；(19)劳动条件；和(20)体育和运动。每一部门的成员都在同高级委员会协商后由国民教育部长指定，或由其他各部指定。各部门人数相同，人员由下列各类中抽调：(a)科学工作者；(b)工业、商业、农业或各政府部门的人员；(c)高级委员会成员。任何人都不得隶属于一个以上的部门，但可以安排相互之间的合作。高级理事会包括理事会主席的一名代表和有关各部的各一名代表。理事会理事没有薪金。但是，理事会有很大的财务和行政权力。

谈论这个机构的工作成绩，为时自然尚早，但是，鉴于它有全面的结构和主动权，这个机构是值得注意的。关于法国科学研究的预算，至今资料很少。在纯研究方面，1938年可用于经常费的数额为31,000,000法郎，在建筑和设备方面，有一笔53,000,000法郎的专用赠款，因此，总计84,000,000法郎，约合480,000英镑。这笔款项看起来为数不大，但同其他国家的任何已知数字是不能严格比较的，因为它不包括国家物理实验室

进行的一类技术研究的经费，也不包括各大学的研究经费。应用科学的初步赠款为30,000,000法郎，约合170,000英镑；但是，这显然只是一个暂定数字。然而，可以清楚地看出，即令有了这两笔补助金，对法国这样一个大国来说，科学事业的规模也比英国或德国小得多。法国科学界人士对这一点深有体会；他们正在尽一切努力，争取改变这一状况。

要想进一步了解法国科研情况，可参看珍妮·帕林所著《法国科学研究的组织情况》一书。

VII. 苏联科学事业简介 443

前哈尔科夫物理技术研究所副所长 鲁赫曼博士

(一) 前 言

苏联和一切其他国家的区别在于，苏联的生产资料已经变成全社会的财产。革命后立即开始、现已完成的社会化，是顺利地规划工业、农业和社会服务事业的必要条件，因而也是规划科学事业的必要条件。在苏联，科学事业已经被视为生产过程的一个组成部分。

苏联关于科学的社会功能的普遍看法，大致如下：在苏联，也象在一切其他国家一样，科学是社会的经济条件的产物；它的社会功能是为这个社会的统治阶级造福。由于在苏联，统治阶级是工人和农民，实际上也就是全体居民，已经不必担心有害于整个社会的技术政治了。相反地，生产的迅速发展，对人人都是有百利而无一害。从一开始，技术发展就被认为对苏维埃国家是不可或缺的。列宁在1920年就说："为工业、农业和运输业打下了现代大工业的技术基础的时候，我们才能得到最后的胜利。"① 科学对促成和加速这一发展的作用，在苏联是尽人皆知、无需解释的。正象为了增加生产和保证幸福生活，必须发展工业一样，为了提高工业生产率，也必须发展科学。

① 1920年12月22日在全俄苏维埃第十一次代表大会上的报告，《列宁选集》中文版第4卷，人民出版社1972年版第399页。

"苏联科学研究事业已经取得了显著的成就。它的多方面的成果反映在我国工业力量的增长上，并且使得我们国家有了惊人的进步。"这段话摘自1936年10月份出版的《焦炭与化学》杂志的一篇社论。在评论各工业研究所的某些缺点时，同一作者接着说："科学研究所必须成为重工业发展中的最重要的因素……科学研究事业的改组是我国最重大的问题之一。苏维埃经济和国防今后的发展速度在很大程度上取决于这个问题是不是能够获得顺利的解决。"

尽管科学和工业这样有意识地相互依赖，苏联各地的实验室仍然在进行着大量工作。这种工作在西欧被称为"纯科学"。但是，这个术语在苏联是不需要的，因为我们没有必要借助唯心主义的学说来为人们对于自然法则的好奇心辩护。就连在英国，也有一些公司认为进行长远的研究是值
444 得的。在苏联，尽人皆知，自然法则对人类的活动是有某种影响的；如果中微子和半导体今天还不能用来满足人类的需要的话，人们也没有理由说在明天它们不能用来满足人类的需要。

（二）苏联科学事业的结构

苏联科学事业的结构，变化十分迅速，以致任何描述还没有发表就变得过时了。附图以图表方式说明将近1937年年底时研究事业和行政体系的配合情况。为了便于人们理解这个图表，还须要对政府机构作几句说明。人民选举的最高苏维埃是最高权力机构。除了人民委员会议（大致即等于我们的内阁）以外，还有若干别的机构直接向最高苏维埃负责。其中有一个是科学院，还有一个是国家计划委员会。为了使图表简明起见，我没有注明有些人民委员部是联邦机构，有一些则不是。例如，乌克兰的人民卫生委员不是向莫斯科的最高苏维埃负责，而是向基辅的最高苏维埃负责。但是，对我们的主题来说，这无关紧要。

苏联科学事业的结构的主要特点是，科研工作不限于一个部（即一个人民委员部），而是每一个部的组成部分。同资本主义国家相比，新颖的地方在于，科学是普遍的，而且必须是普遍的。一切问题都要用科学的思维和科学的方法来加以解决。

国家机构的大多数部门都要开展科研工作，一个部门愈是接近基层，它的科研工作愈是专业化。

在图表中，重工业人民委员部的情况介绍得最为详细，因为我对这个部门的结构最为熟悉。这个人民委员部分为若干“局”。各局局长向人民委员负责。一个局管理一个工业部门，如煤炭，黑色金属，石油等等。向各局负责的是同生产和分配直接有关的机构——国家托拉斯。各托拉斯管理矿山，工厂，油田和其他生产资料。

每一个工厂都有自己的研究实验室，解决同本厂有关的问题。其中有些实验室是高度先进的实验室，象列宁格勒的斯维特兰纳工厂的实验室就是这样。它们常把基本研究的成果送给科学期刊发表。另外一些实验室，研究范围比较窄小，只处理与当地有关的问题。

再往上一级，我们就发现，重工业人民委员部的大多数部门都有自己的直接对本部门负责的研究所，进行同整个本部门有关而不仅仅涉及一个工厂的研究工作。其中有一个研究所就是莫斯科的固氮研究所。这个研究所隶属于重工业人民委员部固氮处，研究同固氮有关的一切问题。这个研究所已经发表了一系列科学论文，如象克里雪夫斯基及其合作者的热力学研究成果。

除了本部门的研究所以外，若干部门还有研究站，或试验工厂，进行 445
本厂的研究工作，尤其是设计和试验新的生产工艺。

科学研究局本身是重工业人民委员部的一个部门，因此直接向人民委员负责。它管理若干大型研究实验室，如列宁格勒，哈尔科夫，德涅伯罗彼得罗夫斯克和斯维尔德洛夫斯克等地的物理技术研究所以及莫斯科的卡尔波夫化学研究所。这些机构都致力于研究同整个重工业人民委员部有关的课题。苏联的大部分基本研究工作都是在这些地方进行的。

科学院是苏联最高的科学机构，现在直接向最高苏维埃负责。科学院设有许多实验室，主要从事长远的研究。科学院的主要职能是调协各人民委员部的一切科学活动，尤其是这些活动同国家发展计划的关系。

苏联现在通行的惯例是一长制。按照一长制，各研究所都由所长负完全责任。如果有副所长或助理所长的话，这些人员也向主要的所长负责，而不对上级组织（托拉斯，司局等）负责。研究所和它的管理机构之间的一切来往公函都必须由所长签字。

一个研究所，如果很大的话，本身就由若干部门组成，即各种实验室，车间，行政管理部门以及财务和规划部门。这一切部门都有自己的负

责人，分别对所长负责。各实验室的负责人本身就是高级研究人员，车间的负责人本身就是训练有素的工程师。每一个研究所都有党委会和负责安排全体职工的保健、福利、社会生活和娱乐事宜的基层工会组织。党委会和工会委员会不过问研究所本身的行政事务，但是它们对所长的影响可能很大。所长通常在采取任何重大行政措施之前都要征求它们的意见。工作人员如果认为自己受到所长或其他行政人员的不公正待遇，可以向基层工会组织提出申诉；如果他们仍然不满意，还可以向区工会委员会提出申诉。

（三）研究工作的规划

规划苏联全国的研究工作，是科学院的主要职能之一。科学院理应在各人民委员部的协助下，不断地研究整个国家的状况，即工业、农业、运输、医疗、国防等方面的状况，并在这种调查研究的基础上指出研究工作的主要方向。这样，就可以按照各门科学目前对社会的作用和今后的潜在作用，确定各门科学的相对比重。

446 科学院还要决定，哪一些类型的课题划归科学院自己的研究所，哪一些课题划归各人民委员部的研究所，哪一类工作划归各工厂实验室。例如，科学院就通知重工业人民委员部各大物理技术研究所，不要浪费时间去研究各工厂实验室也可以研究的小规模技术问题，而要研究比较基本的研究课题。另一方面，每一个研究机构也都有责任把它所可能取得的任何重要研究成果、发现或发明立即移交有关机构，以便及时加以利用。一般来说，在科学期刊上发表了事实和数字，并不等于一项科研工作就完成了；如果科研成果在技术上很重要，还必须把这些科研成果整理成简明易懂的材料，连同怎样适当推广利用的建议，一起送交对这个问题感兴趣的托拉斯和工厂人员。科学实验室的研究人员和主任需要同工业机构和工厂保持密切的个人联系，并积极进行宣传，使新的原理和方法得到推广利用。

通常，研究计划都是严格的年度计划。1937年，为了准备第三个五年计划（科学要在其中起独一无二的作用），已经着手制订1938—42年的全面科研规划纲要。在我离开的时候，这个规划纲要还没有完全制订出来，因此，现在我还无法对规划纲要的细节提供任何确切的资料。

根据政府的总的指示，在科学院和国家计划委员会的配合下，每年秋天，各实验室负责人都要同工作人员讨论下一年度的计划，并制订方案，提交研究所所长。然后，由所长和各部门负责人讨论这些计划，往往还要同每一个研究人员商讨。以后，就在研究所计划部门的协助下制订出总的规划，对经费作出相对精确的估算，然后送交管理机构。主管管理机构在一定的日期召集各研究所所长开会，一起讨论和协调各研究所的计划。当然，有大量这类工作是事前通过个人接触进行的。这些经费估计数字要经管理机构会计人员审核，并同来年度科研拨款数额相协调。通常，这笔拨款差不多可以满足各实验室有权完成的各项工作的经费需要。由于拨款不足而削减的数额很少超过计划的百分之十。

各研究所的计划的组成如下：整个研究工作首先分成同各实验室性质
相当的几项研究项目。偶而，这些研究项目也可以互相重叠，由几个实验
室共同进行研究。一个物理研究所可能拥有研究“核物理学”、“低温研究”
等等项目的若干实验室。在各研究项目下，再提出若干“课题”，并加以说
明。例如，在核物理学方面，可能有“宇宙线的性质”，“β射线衰变”等等
课题。最后一类是“选题”，即在未来年度要进行的实际工作。选题的解决
就是课题的部分解决。研究人员要对选题及其范围做到心中有数，可以相 447
当精确地说明他需要什么设备，需要多少人从事这项工作，需要多少经费
以及什么时候可以完成任务。研究期限不一定限于当年；选题必要时可以
持续两年或两年以上。一个有经验的苏联研究人员，如果连续几年制订计
划，就可以毫不困难地对所有这些问题作出估计，虽然他可能要花一些时
间，费一番心血。不过，只要你了解实验室的工作情况，真正用心思考问
题，就连完成一项工作所需的时间都可以相当精确地计算出来。

（四）科学与社会

决不能认为苏联的科学是一种同整个社会的日常生活截然分开的活动，而应认为苏联科学是渗透在整个生活当中的，实际情况也是这样。这是什么意思呢？又怎样看出来呢？

苏联政府不但关心向社会普及很多科学知识，而且更关心向社会普及科学观点。逐渐开始支配苏联公民的日常生活，尤其是青年一代的日常生活的，正是这种观点。在你们这个国家，科学家和水果蔬菜商之间存在着

巨大鸿沟，在苏联，这种鸿沟正在迅速消失中。

所谓斯达汉诺夫运动正是这方面的一个典型的例子。这个运动是根据一个对自己的井下工作作了合理安排的著名青年矿工的名字命名的。全国各个工农业部门成千上万的工人正在把他当做榜样奋起急追。决不能说这些斯达汉诺夫工作者都特别聪明。任何具有正常智力的人，只要用心思考问题，大概都能取得他们这样的成绩。问题在于，斯达汉诺夫本人和斯达汉诺夫工作者所运用的推理方法同科学家在解决科学领域的问题时所运用的推理方法，毫无二致。要当一名斯达汉诺夫工作者，与其说需要十分聪明，与其说需要惊人的智慧，倒不如说需要我们所说的科学观点。成千上万的人都开始具有科学观点，这是苏联社会的一个重大事实：这不仅证实了马克思主义的理论，证明了政府政策的正确性，而且使得人们有可能自下而上地完成自上而下决不能完成的事业。

如果不简短地谈一谈这种科学观点是怎样培养起来的，对于科学在苏联的社会功能的考察就不完备。最明显的措施大概有如下几项：

(1) 在各级学校中十分重视自然科学，就连严格说来同自然科学无关的学校科目中也处处应用科学推理方法。

(2) 在“少年先锋宫”中兴办设备优良的科学实验室和展览科学展品，千方百计鼓励儿童培养科学兴趣。

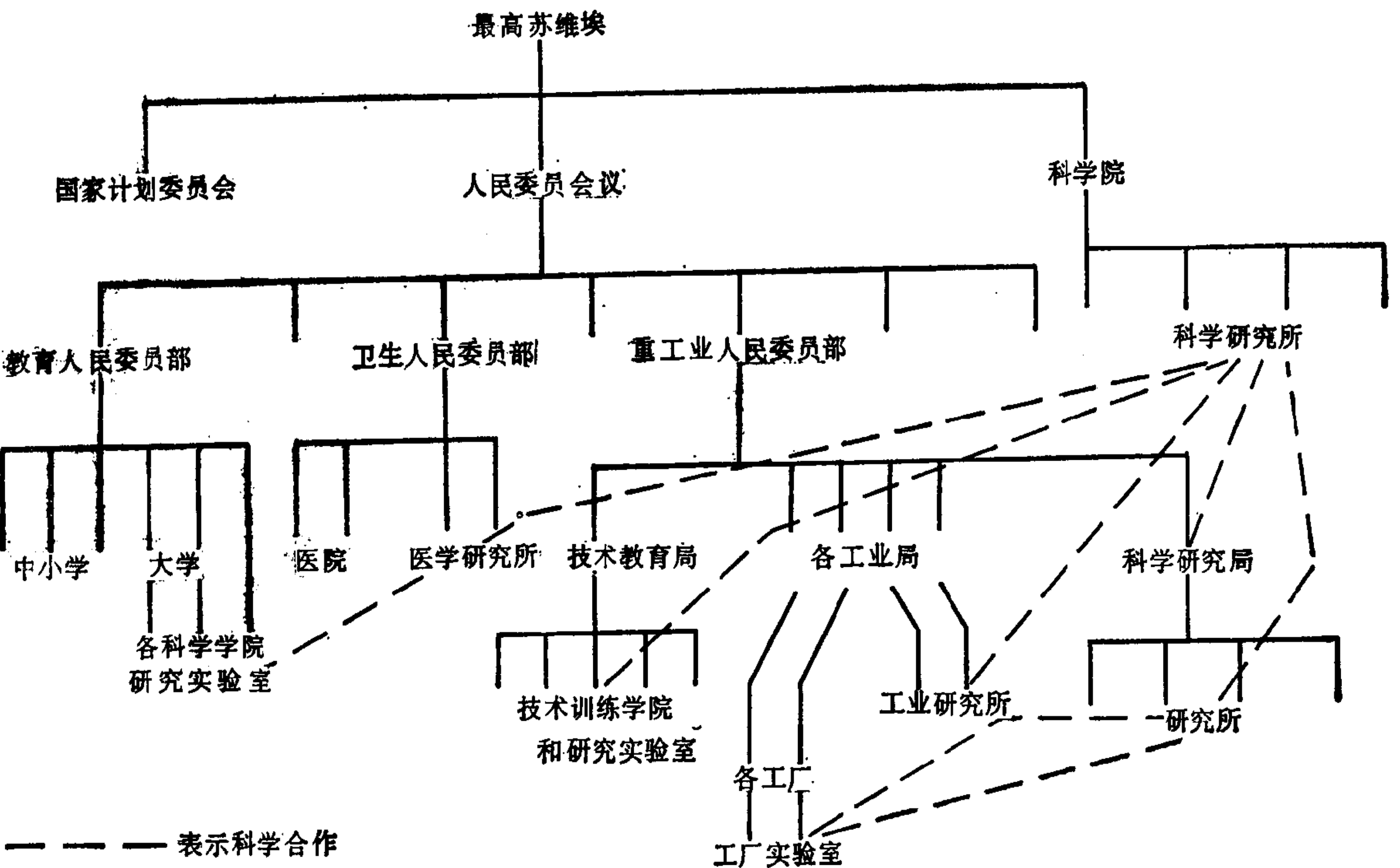
448 (3) 每家苏联报纸都经常发表重要文章，讨论科学和技术问题，并在头版发表有关科学和工程技术成就的消息。中央和地方报纸每天都发表煤炭、黑色金属、运输和汽车等重要工业的生产数字，并由群众加以热烈讨论。群众都深深知道，他们的舒适的日常生活完全有赖于这些数字。

(4) 琳琅满目的科学技术书店在苏联各城市象烟草用品商店在伦敦一样随处可见。书籍质高价廉，人人都买得起。每个工厂和每个国营农场和集体农场都有大型图书馆，备有普及的和高深的科学和技术读物。

(5) 一切热心学习科学知识的人都有充分机会深造。他不需要支付分文学费，只需要在各级学校毕业考试中考试及格，就可以从小学升入厂办学校，由厂办学校转入工人夜校，再升入大学或技术学

图 表 三

苏联科学事业的组织



院。男女青年所在的工作单位的领导人有责任向他们提供一切深造的机会。

(6) 在一切工厂中，全体职工都有义务参加学习班，学习和讨论有关他们所在的工业部门的知识，包括生产过程的科学原理。在学习的基础上，人人都需要参加本行的考试。工资按照考试成绩定期调整。在1935年，单单在重工业人民委员部，就有797,000名工人，行政管理人员和经济学家从这些学习班中毕业。在1937年，数目肯定还要大得多。

(7) 斯达汉诺夫运动受到当局的积极鼓励。工人们采取了任何合理化措施，都马上会得到奖金；每一个斯达汉诺夫工作者都有权利得到特殊的便利来增加知识和扩大视野。在1936年头六个月中，专门发表应用化学和物理化学方面十分有价值的研究成果的双月刊《化学工业杂志》，就发表了六篇重要文章，讨论斯达汉诺夫运动。由此可见，斯达汉诺夫运动是多么地受重视。

这些还只是在苏联人民当中普及科学观点的一部分事实。还有许多别的因素或许也是同样重要，其中包括冷静深刻、简明易懂的马克思主义哲学，一直到一切男女的值得思考的直接经验。

449

VIII. 科学出版工作和文献目录编制工作机构方案

（科学情报研究所）

我们建议研究一下是不是有可能把全部科学文献目录编制机构和摘要编制机构以及目前经费有困难的许多发表原始论著的期刊统一起来，建立一个中央机构（暂定名为科学情报研究所，简称S. I. I.)。这样一种统一集中的工作的一个必要部分就是采用和发明各种方法，来出版、复印、选择和分配科学情报与文献目录并编制索引，只要这些方法应用到这个问题上显得十分新颖。

这一方案的细节分述于后文各节中。其主要因素为：(1) 把科学出版

工作和文献目录编制工作集中统一起来，从而节省经费和改进服务工作；(2) 以广义的摄影复制法代替印刷复制法。最好采用缩微摄影复制法，不过，我们也认识到，从用户心理学和立即在技术上加以应用的观点来看，在一开始就彻底采用缩微摄影法也许是不可能的。印刷法不适合于少量印数，摄影复制法则适合于少量印数。(3) 全面采用数字索引和自动检索装置，来进行文献目录的归档和选择。

科学情报研究所将是一个非营利的教育、科学组织，由各科学团体的委托人共同管理。它应该成为一个真正能够自己生利还本的组织。它可以把现有的许多学会和刊物的出版工作接管过来，对于它所发行的出版物和文献目录，只收取少量的但已经足够的费用。它肯定会定期得到通过学会一类组织参加这个机构的会员们的支援。

对于这个机构的规模，不应该有任何错觉。科学情报研究所的成败将决定于我们是不是能够把现有的大部分科学出版媒介和文献目录编制媒介都纳入到这个机构中来。它将是象邮政部门那样一种垄断组织，为公众造福，而不以赢利为目的。如果它不能包括差不多全部有关机构，它就会失败。

以最有力和最有效的方式记录、分配和保存科学研究成果——这是科学界的一项同科学研究本身的继续差不多同等重要的必要任务。

科学情报研究所的组织形式

为了方便起见，我们把下列切合实际的组织形式称为科学情报研究所（简称S. I. I.）。现初步扼要说明如下：

科学情报研究所将是一个扩散、出版和记录科学文献的非营利机构。 450
它将由各种全国性的和地方性的综合或专业科学学会、大学、研究机构、基金会，如果可能的话，还有美国政府，通过拨款或赠款，协助建立。在目前的世界经济情况下，它在初期大概必然只可能是一个局限于一国范围的企业，而不是一个国际性的企业，但是，它的章程中应当明确规定，一旦有机会，它可以变成一个国际性的企业。从地理上来说，科学情报研究所设在华盛顿最合理。这样做是为了便于利用国会图书馆、军医局图书馆等机构的图书馆设备。

它的主要职能是充当发表科研成果原始论著的媒介并编制和分配科学

出版物的文献目录。它还可以开展许多同这些主要职能相配合的附属业务。

科学情报研究所不是要在现有的出版媒介和文献目录媒介之外另搞一套，造成重复，而是要吸收现有的媒介，消灭重复现象，从而防止浪费。科学情报研究所将利用现有科学出版机构和文献目录编制机构的人员，并把整个科学领域囊括在内，使圜内的全体科学家都由于大规模集中统一地开展情报工作而得到好处。

科学情报研究所将建立更有效率的科研论文出版媒介和充分的科学文献目录服务机构，从而促进一般科研工作和科研人员的提高。

目前的经济情况和科学文献的增长都说明需要认真考虑改进科学文献出版和文献目录编制制度。

科研人员不应该害怕改革，而应该愿意评价目前的分配和交流科学知识和研究成果的机构和方法。

科学情报研究所的出版职能

我们建议，通过科学情报研究所发表科研成果原始论著的制度暂定如下：

一俟研究成果可以写成报告，研究人员就将他的报告提交科学情报研究所，就象他目前把报告送交专业科学期刊一样。科学情报研究所收到报告后，就由编辑把研究报告加以审读，就象目前送交常规科学期刊发表的论文由编辑加以审读一样。研究报告经决定出版后，就以统一的格式打印在统一的永久性纸张上，并与图表和插图汇拢在一起。这时，不是把手稿和插图材料送交印刷厂排版和拼制照像铜版和线条凸版，而是采用某种复制少量印数或少量份数时比印刷更加经济的办法，把论文加以复制（参看下文关于复印或复制方法的论述）。考虑到分配的需要，论文全文和插图资
451 料并不大量复制，而是采用一种全新的分配方法。每一篇由科学情报研究所分配的研究报告的作者都要提供一份大约二百字的内容提要，就和目前许多科学期刊上研究报告前面的内容提要一样。这样的摘要每隔一定时间（一周或一月）都要汇总在一起，用最经济的方法（铅印，平版印刷等等）加以复制。每隔多长时间汇总复制一次，视需要的份数而定。这些以周刊或月刊形式出版的摘要要送交在某一特定领域工作的全体科学家或希

望获得某一特定领域的资料的科学家。举例来说，全体物理学家都会收到载有涉及物理学各个方面的研究报告的周刊或月刊。每份研究报告摘要都有一个编号，并载明报告全文副本的价格，如二角五分。希望获得一份研究报告全文副本的科学家可以另行订购这样的副本，但要付副本的规定价格。科学情报研究所收到这种订单后将专门复制这样的一份研究报告副本，并寄给汇来价款的科学家。

初一看来，这种向大批科学家分配摘要、只根据个人订单提供研究报告全文副本的办法，同目前以科学期刊形式发表研究报告的方法比起来，似乎要更加费钱，更加浪费。但是，由于采用了特别适于印制少量副本的复制和复印方法，人们将会发现，用我们提出的方法分配研究报告要比目前使用的方法经济得多（参看讨论复印或复制方法的一节）。

我们提出的这种分配研究报告的方法可以弥补“出版工作中的缺陷”一节中所列举的大多数缺陷。

科学情报研究所的文献目录编制工作

为了在没有任何图书馆科研工作的情况下提供有关特定研究课题的科学文献和文献目录参考资料，科学情报研究所将建立文献目录档案和生产机构，把各门科学领域现有的文献目录编制机构都加以吸收，并在目前还不容易取得文献目录资料的那些科学领域提供文献目录资料。

出版工作中的缺陷

以铅印专业期刊、单篇论文和简报形式发表科研成果的现行办法，有下列缺陷：

1. 研究成果不能得到及时的报道。
2. 研究成果不能得到详尽无遗的报道，不能包括一切必要的数据、插图（照像插图或图表）、讨论、背景和其他有关细节。
3. 浪费现象很普遍，因为对于现在出版的任何特定的研究报告中所 452
包含的、哪怕是压缩了的细节，也只有少数订阅专业期刊的科学家才感到兴趣。
4. 数量不断增长的科学文献，对于科学研究人员个人和研究机构来

说，都是不断增加的财务负担。由于一定领域的期刊互有重复，取得一定领域的完备文献的费用也有所增加；同时，由于订阅期刊的经费常常必须保持不变，通常赶不上文献的增加，因此，每逢有一份新期刊诞生，一切与这份期刊相竞争、或补充这份期刊之不足的其他刊物的订阅人数势必要有所减少，除非这个领域的研究人员的增加速度足以扭转这种订阅人数减少的趋势（可是目前情况还不是这样）。

5. 期刊的重复，各研究机构购买图书和研究出版物的经费的减少，再加上上述第四条缺陷，都足以使科学出版物的发行量进一步减少，并使科学期刊更难维持。图书馆由于减省开支不能订阅刊物，自然要严重妨碍向科学家提供必不可少的科学文献。

6. 由于专业期刊的编辑工作和经营管理通常都是由科学家自愿义务承担的，这也势必要削弱这些科学家兼编辑或科学家兼经理的本职工作，即重要的科研工作。

7. 铅印专业期刊上的论文份数有限，只能以期刊的印数为限，再加作者抽印的论文单行本的印数。在这些印数脱销以后，实际上就无法再买到论文的复印本。

8. 作者抽印论文的现行办法给作者兼科学家带来很不合理的金钱和时间负担。为了把已发表的论文的副本寄给一切希望看到这些论文的人员，作者兼科学家需要兼任书店老板和邮件收发员。

9. 铅印需要排版（在每一平方英寸的版面中，需要浇铸或一个字母一个字母地植放一立方英寸的金属字母）。对于少量印数来说，这是一种极其昂贵和极不经济的复制方法。在这种情况下，应当使用摄影复制方法或缩微摄影复制方法。

文献目录编制工作中的缺陷

目前的多样化而又总是互相重复的文献目录和摘要编制工作，有如下几项缺陷：

1. 在任何地方都找不到有关某一课题的全部文献目录。
2. 就连关于某一课题的不完备的文献目录，也只有费尽精力，耗尽时

间到处查阅文摘期刊、杂志和论文，才能搜罗到一起。

3. 由于难于查到某一课题的过去的研究成果，在规划和进行研究工作时，常常对过去的成就缺乏充分了解，因而造成浪费和重复。

4. 从发表原始科学论文之日，到提供文献目录期刊和摘要期刊之时， 453
中间有很长的时间间隔，以致在非常活跃的领域内，文献目录参考资料往往只有历史价值，并不能对其他研究人员有所裨益。

5. 目前还没有办法提醒某一有关领域或不同领域的研究人员注意同他们的工作有密切关系的另一领域的成就，这就是说，各门学科的文献目录没有足够的交叉索引。

6. 由于对现有的有限文献目录和摘要资料进行处理、归档或入架的机器不够完善，研究人员个人几乎不可能建立自己的文献目录档案，因而，随着时间的推移，各图书馆的负担都很沉重，尤其是小型图书馆。

7. 如果摘要期刊或文献目录期刊按期发行，要想取得某一课题的完备的文献目录，就必须查阅每期期刊（如果期刊编有索引，就必须先查阅每一份索引，再查阅为数甚多的各期期刊）。如果摘要和文献目录以卡片形式发行，不管是不是分类卡片，卡片整理归档工作就落在每一个订户身上，因而造成这种事务性工作的重复。重复系数等于订户人数。

8. 一定的特殊领域的多多少少详细的分类，一般来说，都是不充分的和不能令人满意的，差不多有多少文献目录编制机构，就有多少基本方案。

9. 由于文献目录不足，又无人提供已发表的论文，每个研究人员往往自己搜集自己所研究的课题的一切参考资料，抽印资料和论文，并编制档案。这种事务性工作势必影响研究人员本职的研究工作。

10. 由于用期刊形式或卡片形式发行文献目录，结果势必要向一个广泛领域的每一个研究人员分发那个领域的全部条目，而研究人员个人可能只对少数条目感兴趣，这就造成了浪费。（参看“出版工作”项下第 3 项缺陷）

11. 第4、5、6、7项缺陷和“出版工作”项下着重指出的因素也同样地适用于文献目录工作。

我们列举这些内在的缺陷，并不是要批评许多现有期刊或文献目录编制机构的目标和工作。进一步设计对科学家有好处、对科学有促进作用的科学文献方法，这是一项建设性的建议。在下文提出的方案中，现有期刊和文献目录编制工作的一切优秀成果，都可以加以利用。我们并不是要打击目前的工作人员的热情和努力，而是要提高他们的积极性、工作制度和效率。

复印方法

妨碍提供充分的科学出版物和文献目录的主要障碍是印刷机。用铅字印刷文字和用照像铜版和线条凸版印刷插图，在复制少量印数的时候，是不经济的。

454 必须采用某种可以用最低的工本费印制十来份到二百份文献的摄影复制方法。按照科学情报研究所方案，研究报告全文将不按照目前在期刊上发表科学论文的“分散”原则广泛分发，而将经济地供给或者说“专送”真正需要并订购特定研究报告的人员。

在这一方案中，需要采用下列全新的办法：

1. 利用打字副本复制文字（特别是使用清晰易读的特殊打字字体，特殊尺寸的纸张），以便取消印刷中的昂贵的排字工序。
2. 利用原始照片、图表等等复制各类插图，以便取消昂贵的铜版和线条凸版工序。
3. 对供应用户的副本实行影印，或照像印刷。
4. 大大缩小照片复制品尺寸（缩微照片），阅读时可以利用放大镜，阅读机或幻灯与电影投影器。

目前，由于用机器处理数量很大而且不断增长的资料有困难，编制完备文献目录是十分艰巨的工作。排字、校对和印刷费用昂贵，因而几乎不可能向个人提供服务。同时，由于必不可少的剪贴、分类和归档工作十分麻烦，用户也并不能够充分利用摘要期刊和机械检索（Engineering Index）所提供的很多文献目录参考资料。我们提出的方案可以把已经臻

于完善并用于其他用途的方法和机器配合使用，从而消除上述各项困难。

	现行办法	拟议中的方法
文献参考资料到达用户的途径	摘要期刊。	胶卷。
复制方法	印刷。	摄影。
出错的可能性	在排字和校对过程中都有出错的可能性。	没有出错的可能性。
复制多少份才算经济	不得少于数百份。	需要复制几份就可以复制几份。
个人选择余地	向全体分发——用户对其中占很大比重的材料不感兴趣。	个人愿意选择什么材料，就可以选择什么材料。文献目录可以很容易地为一个人复制。
是否能重新发行	由于印刷费用昂贵，几乎不可能重新发行。	随时都很容易重新发行。
是否能把新旧资料联系起来，刷新学科面貌	由于用机器把新材料编入档案有困难，很难做到这一步。	象最初发行论著一样，可以很容易按照所需要的任何顺序重新发行某一问题的全部材料。归档工作用机器进行。

经费筹措 455

建立科学情报研究所需要大量基本建设开支。资金可以从下列几方面取得：(1) 商业投资。(2) 美国的拨款或贷款。(3) 基金会提供的资金。

一旦科学情报研究所开始工作，它应该能够依靠下列收入来源自给自足：(1) 出售产品所得。(2) 各学会、研究机构的补助。因为科学情报研究所在很大程度上接管了它们的出版任务。(3) 基金会等机构的赠款。

目前显然不可能为这个庞大的机构制定任何详细的预算，或估计其经费开支。但是，应该强调指出，很有可能使这个机构自己支付自己的很大一部分经费，而它给科学出版和文献目录领域带来的节约也应该能够使科学界和全世界节省大笔财政开支。科学情报研究所的巨大经济价值与其说

在于节省科学情报的出版和发行费用(虽然这也是很重要的)，倒不如说在于它的活动可以使创造价值的科学家节省很多时间和精力。

华特逊·戴维斯

华盛顿科学服务处1933年8月19日

1933年10月17日重新发表

象原来预料的那样，这里所指出的全部方案已经证明雄心太大，目前还不可能为人们所接受。但是，这个方案的一个重要部分，即现有文献的缩微复制，已经付诸实行了。美国文献编辑研究所已经在华盛顿成立了一个缩微胶卷图书服务处，可以按照订单复制差不多一切世界文献。

下列引文摘自华特逊·戴维斯所撰《缩微胶卷使人们很容易取得情报》一文。这段引文可以说明这项服务工作的范围：

“已经有成万的人员和机构在使用缩微胶卷，而且获得了成功。自从1934年以来，现在由美国文献编辑研究所主办的缩微胶卷图书服务处就在美国农业部图书馆开办了缩微摄影业务。有几十万页图书被拍摄成缩微胶卷。缩微胶卷图书服务处现在利用华盛顿的美国农业部图书馆，国会图书馆和陆军医学图书馆的摄影机，可以把世界文献的百分之九十左右都拍摄成缩微胶卷。

“研究人员和情报人员只要办理一个简单手续，即填写一份订单，就可以得到他所需要的资料，每一页费用不过一分多钱。这和在图书馆填写一张借书单一样简便。在图书馆，仅仅为了借一本书，也还需要填一张借书单呢。缩微摄影比直接影印便宜得多。在需要通过邮件或快件借阅材料的时候，通常，缩微胶卷的费用比运输费还少。

“华盛顿的缩微胶卷图书服务处成功的事例说明，我们所提出的这一方案是切合实际的。

“除了提供现有文献的问题以外，还有一个连带问题：有不少资料本应记录下来供给世界学术工作者参考，但限于印刷条件都不能发表，怎样才
456 能把这些资料发表出来呢？在这一方面，缩微胶卷可以起重要作用，使各种材料的发表既经济又有效。

“缩微胶卷可以用来实现所谓‘辅助性的发表形式’。它可以补充其他发表形式之不足，使人们可以看到现在由于经济原因无法印刷的各类材料。

它可以使人们看到现在不加记录的宝贵的研究资料。它可以使人们看到绝版的和珍贵的善本书籍。它适合于发表照片和其他插图。辅助性发表服务处(不妨称之为缩微胶卷文件服务处)可以辅助传统的学术论著发表途径。这只会帮助而不会妨碍各种期刊。各种期刊和研究机构的编辑人员可以充当论文作者和'缩微胶卷文件服务处'之间的中间人。

"辅助性发表业务已经实际付诸实行了。一位期刊编辑对一篇技术论文的内容可以爱多发表，就多发表，爱少发表，就少发表。就一篇非常专门的论文来说，他可以只发表一个摘要或提要。他可以在广告中或在文章后面附加一段按语，说明读者只需汇来一定价款，指出这篇论文全文在办理辅助性发表业务的中央机构中的文件存档号码，就可以得到论文全文，连同图表、照片等等。订单可以由读者直接寄交这一中央机构，亦即华盛顿特区的美国文献编辑研究所。文献的缩微胶卷只有在读者订购时才加印洗制。这样，这个文献就永远不会'绝版'，又不需要储存大批占地盘的存货，只需要保存文献本身和缩微胶卷底版就行了。因为有了底版就可以翻印正片，以供发行。这个计划实施起来十分简单，毫不复杂。只要编辑们觉得有用，就可以采用。并不需要编辑或作者参加投资或提供保证金。

"虽然在实行辅助性发表方案时可以采用其他复印方式，缩微胶卷却是花钱最少和最普遍的方法，因为它可以处理各种各样的文字和插图。

"缩微胶卷对于另一项需要认真规划和试验、需要国际上合作的具有世界意义的文献工作，也可以有所裨益。这就是建立世界文献目录，从科学领域开始，最后扩大到一切领域的问题。

"由于缩微胶卷既经济，体积又小，这就促使人们重新燃起一种希望，盼望能建立起一套世界科学文献目录，使各种高瞻远瞩的见解和有希望的方案不致淹没在卡片的大海中和窒息在细节的迷宫中。因此，完全可以设想在某一世界中心建立一套卡片档案，为科学界已发表的、值得列入书面科学档案的每一篇文章、论文、书籍和文献都编制一张卡片。每一张卡片都可以归入多种类别。如果按照卡片所属的各种类别把卡片拍摄成多种缩微胶卷，每一份缩微胶卷上都用一定的图案代表其所属类别，这样，我们就可以使选择器在缩微胶卷连续通过时，只选择带有某种预定的分类图案的缩微胶卷加以复印。用这种办法，我们就可以按照订单的需要，从庞大的世界文献目录中复制出任何专题的专业文献目录来。订购专业文献目录

的费用应该十分低廉，使每一个科学研究工作者都可以加以利用。

“美国文献编辑研究所是由美国的大约五十个科学和学术学会，理事会和机构建立起来的。这个研究所之所以产生，是因为在物理科学，自然科学，社会科学和历史科学的领域中，以及在图书馆和情报服务的整个领域内，都需要以促进学术为目的，广泛地大力地开展文献领域各方面的工作，尤其是缩微摄影复制工作和有关工作。

457 “在业务方面，美国文献编辑研究所目前主要从事缩微摄影工作。但是，应该认识到，美国文献编辑研究所是一个能够在广阔的文献领域内完成美国各科学和学术机构希望它完成的各项任务的机构。只要不以谋取私利为目的，只要大权牢牢掌握在美国有组织的学术界手中，美国文献编辑研究所必能管理、组织和开展任何一个机构单独来做都不经济的各项活动。意味深长的是，美国文献编辑研究所给本来并不经常合作的学术界各个部门带来了同一的共同兴趣；在美国文献编辑研究所的理事会和各项活动中，物理学家，天文学家，生物学家，经济学家，图书馆学家，历史学家，文献目录学家，档案学家和许多别的各式各样的专家经常共聚一堂，解决他们面临的共同问题。”

华盛顿美国文献编辑研究所

458

IX. 世界和平大会1936年布鲁塞尔 国际和平运动 科学小组委员会的报告

兹决议成立国际和平运动科学委员会，其总目标为团结全体科学家为争取和平而斗争。

其当前的任务如下：

1. 协调现有科学家和平组织的活动，并在没有这种组织的国家建立新的科学家和平组织。
2. 以个人身份并通过现有组织在全体科学家当中积极进行宣传。
3. 反对把科学用于战争目的，并支援一切因为拒绝参加这种研究而

遭受迫害的科学家。

4. 在各大学和技术学校进行反对把科学用于战争的宣传。

5. 协助成立战争根源联合调查委员会。这一委员会应当包括下列人员：

生物学家	医生
心理学家	历史学家
人类学家	经济学家

它的任务应该是：

(a) 反对宣传战争的伪科学学说和伪历史学说，如战争在生物学上的必然性，优秀种族和劣等种族的存在等等学说。

(b) 从社会科学和生物科学的观点来研究战争的根源和科学家帮助消除战争根源的最有效的方式。在这个问题上，必须发表某种不管多么初步的明确声明，以反击伪科学的战争宣传。

这个委员会的主要工作是在这些问题上尽速发表一篇或几篇权威而简明扼要的声明。

次要任务是：

(a) 发表支持和反对这些学说的各种著作的批判性文献目录。

(b) 在一般报刊和科学报刊上不断地进行反对这些学说的宣传。 459

(c) 揭露和反对在中小学校和大学讲授这些学说。

(d) 影响学术社团起来保卫科学真理，反对这些歪曲。

6. 协助成立科学和战争联合委员会。这个委员会应当包括下列人员：

飞机技术人员	地质学家
军事专家	工程师
细菌学家	化学家
物理学家	医生

它的任务是：

(a) 尽可能地揭发有关现代战争技术及其对军队和平民可能产生的

影响的客观事实。尤其要研究保护平民的各种手段及其可能的功效，但又不忽视所涉及的经济、政治和道德问题。

(b) 为化学战和生物战的有效的国际禁令而奋斗。

(c) 以简明的文字尽速发表调查结果，但又不缩小或夸大现代化战争的危险性，也不自称调查结果准确到不可能的程度。

(d) 发表有关战争技术的批判性文献目录及有关这一问题的其他专门研究材料。

(e) 有理有据地揭发事实，反击错误的技术性的战争宣传。

(f) 向科学家自己深刻阐明他们在战争准备中所直接间接发挥的作用，尤其要提请他们注意原来打算用于非军事研究的资金现在都转用于战争目的。

(g) 在军事技术问题上，对一切和平组织发挥情报局的作用。

科学小组委员会的决议

我们认识到，战争足以置科学于死地，因为战争不但会打破科学的根本的国际性质，而且更重要地会破坏科学为人类造福的根本目的。

因此，我们决心为了维护和平竭尽我们作为科学家的最大力量。我们认识到，这样一个一般性的决议本身并没有多大用处，还需要以明确的实际活动来予以执行。

我们不能不考虑，我们作为科学家怎样才能最有效地协助防止战争立即爆发和永久地消除战争的根本根源。

460 国际和平运动为我们提供了为达到这两项目的进行有效工作的巨大机会。单单我们自己的力量还不够强大，不足以有效地遏制战争。通过国际和平运动，我们就可以把我们的力量和更广大的、更有组织的人民力量汇合起来。我们可以把我们的影响，我们的技术知识和我们的能力贡献给这个运动，以便多少弥补科学过去和现在对战争所起的作用。

与此同时，我们还可以对战争根源进行科学的和历史的分析，揭露千方百计为战争辩护的人们的学说，从而协助完成消除战争根源的任务。

X. 科学工作者协会 461

(A) 英国科学工作者协会的政策

本协会的主要目标是促进科学工作者的利益并使科学和科学方法得到更广泛的应用，以造福于社会。

为了达到这两项目标，本协会力求在各行各业中建立有资格的男女科学家的团体。这种团体必须是统一团结的团体，有足够力量促进科学和科学工作者的利益，把科学和科学工作者看做是民族生活和进步的必不可少的要素。

一

在职业活动方面，本协会力求促进科学工作者的团结精神，并力求为会员谋福利，象英国医学会和法律学会为医务和法律界会员谋福利一样。在存在有全面的资格审核机构，可以维持本行业的业务能力和行为的高度标准的领域中，本协会将尽最大力量提供一切支持和合作。在存在有专门组织，可以照顾各类科学工作者的职业利益，地位和工作条件的领域中，本协会愿意通力合作，力求在共同有关的问题上共同协商和行动。在还没有专门组织照顾某一类科学家的利益的领域中，本协会准备直接为他们谋福利。

二

在社会活动方面，本协会力求保证：

(a) 科学研究获得足够的经费。

(b) 科学教育得到改进，科学教育的好处可以为更广泛的群众所享受。

(c) 科学事业在内部和科学成果的应用两方面都能组织得有条不紊，以确保最大限度的主动性和最小限度的浪费和紊乱。

(d) 科学研究主要致力于改善生活条件。

本协会所以能够实现这一纲领，是因为它是欢迎一切有资格的科学工

作者参加、而又不允一切其他人参加的唯一组织。

为了达到这几项目的，本协会打算采取下列具体行动：

一

为了科学工作者的职业利益和经济利益，

1. 确保从事有报酬的科学工作的人员只以拥有充分资格的人员为限。
462 2. 为了提高全国的效率，确保直接领导政府部门、工业界和学术界全体科学和技术人员的都是有充分科学成就的人员。
3. 确保科学专家可以直接派代表参加各皇家委员会、部际委员会和各部委员会，还可以直接派代表参加各种人民团体和其他团体，只要他们的调查结果涉及从事有报酬的科学工作的人员的利益。
4. 确保在更加广泛得多的范围内实施下列公认的原则：科学和技术素养不得成为在一切政府部门，特别是殖民地事务部门担任最高级行政职务的障碍。
5. 确保国家部门中的科学和技术人员级别职称分明，并确保最高科学职务和最高行政职务的地位和报酬相等。
6. 确保工业中的科学工作者职业有保障、可以定期休假，可以领取养老金，可以定期增加薪金并且可以享受一切其他同他们的专业地位相当的工作条件。
7. 要求国内税务局局长同意减免科学工作者个人职业开支的所得税。
8. 建立和保持有资格的科学工作者的完备档案。
9. 设立职业介绍所，从各种可资利用的来源搜集资料，建立各种职位和空缺的登记册。
10. 向会员提供情报和咨询意见，在出版合同、任用条件、专利法等问题上，对会员提供保护。
11. 处理会员个人提请协会注意的、各种对报酬和工作条件不满的申诉，并协助改善会员的各种工作条件。
12. 协助会员获得有关法律问题的咨询意见。
13. 在有关学生未来的就业问题上，向学生提供情报和咨询，对学生有所帮助。

二

(a) 在科学研究的经费方面

14. 要求提供充分资金，以满足科学研究和教学目前的需要和今后发展的需要。

15. 要求对科学研究和科学教育方面的赠款免征遗产税。

16. 要求修改所得税税则，以鼓励各工业公司在科学研究上支出最大限度的开支。

17. 要求政府在援助大学和研究机构时，要成批地提供为期数年的津 463
贴，而不要每年根据当年情况拨付数额波动不定的拨款。

18. 调查研究那些决定科学仪器和设备价格的条件，并且促使有关方面采取措施，降低向科学机构供应的科学仪器和设备的价格。

19. 研究科学事业从专利权、发明和发现中取得更多收入的可能性。

(b) 在科学同教育的关系方面

20. 要求改进奖学金制度，使人们接受科学教育的机会完全取决于个人的才能。

21. 设法使各门学科学生人数同各门学科中就业的前景相适应。

22. 强调指出各政府部门和工业中的科研工作的价值，以求增加这些领域中的工作机会。

23. 防止人们用限制学生人数或任意决定课程设置的方法挤掉科学教学。

24. 要求更充分地认识科学在普通教育中的经济和文化价值。

(c) 在科学研究的组织方面

25. 协助政府和其他有关当局制订全面而合理科研工作组织规划，并对现有的规划提出建设性的批评意见。

26. 要求使积极从事研究工作的科学家能够在科研工作的组织方面发挥更大作用。

27. 要求立即实现科学出版物和科学档案的全面合理化。

28. 促进国内外研究机构的科学工作者的交流，并要求为学者的出访

和来访提供更多便利。

29. 保持和扩大科学研究的国际性。

(d) *在科研成果的应用方面*

30. 研究把科研成果付诸应用的现行办法，并研究改进科研成果的应用以造福人类的方法。

31. 努力保证科研成果不得应用于纯破坏性目的。

32. 研究以专利法保护发明家的权益问题。

为了达到这些目的，本协会建议：

1. 安排协会的定期会议和科学工作者的群众集会，以讨论同全体科学工作者的利益或各行业科学工作者的利益有关的问题。

464 2. 出版协会的正式会刊，作为一种媒介，使科学工作者能在有关公众的重大问题上表示自己的态度，并作为全面宣传科学的工具。

3. 向新闻界提供有关科学工作者的职业活动和利益的准确情报，并通过新闻媒介宣传基本研究对社会福利的重要性。

4. 组织会员彻底研究有关问题，以便提出详细的切实可行的建议。

5. 派遣协会的代表参加同科学事业的组织和科学成果的应用有关的特别委员会，在一切有关的领域进行合作。

6. 协助起草和通过涉及科学和科学工作者的立法。

7. 召集公开会议，举行群众集会，草拟议会法案，草拟要向议会两院提出的质询，同新闻界保持联系，并通过一切其他适当手段，同其他团体一起共同为科学和科学工作者讲话。

8. 派遣人员在议会科学委员会发言，并以其他方式协助议会科学委员会。

(议会科学委员会是1929年根据本协会的倡议成立的、由议院两院议员组成、包括一切党派的一个委员会。它负责在下院召开定期会议，讨论同当前的立法有关的科学问题。)

(B) 美国科学工作者协会的临时纲领

全世界的科学家都面临着一些严重的问题。

1. 除了少数异常顺遂和幸运的人们以外，科学家的经济境况都是非常不能令人满意的。按他们的职业训练的费用和期限而论，他们的薪金通常都很低，往往没有其他领域同级人员的薪金高。在科学家当中，失业的人数很多，还有很多科学家的职业没有保障。也很少向科学家提供养老金。
2. 尤其使他们感到忧虑的是，科学发现遭到滥用，全体公众不能有效地享受科学知识和科学发明的好处。
3. 他们不但得不到经济上的保障，而且没有进行科研工作的保障。对于一位科学家来说，失去开展工作的便利条件往往就象失去薪金一样严重。财政紧缩不仅表现为限制人员数目，而且表现为设备和津贴供应不足。限制言论自由的趋势常常带来对科学自由的限制。
4. 伴随着某些反动趋势而来的，还有利用伪科学说来为战争辩护，对 465
理性和民主发动进攻的明显趋势。

(a) 协会性质

科学工作者协会是一个欢迎一切在纯科学或应用科学——自然科学，社会科学或哲学——的任何分支中从事工作，又至少拥有学士学位或同等资历的人士参加的组织。它的主要目标是促进科学和科学家的利益，促使科学和科学方法得到更广泛的应用，以造福于社会。

科学工作者协会的宗旨是成为一个把全体思想进步的科学家团结起来的团体。它力求同各种科学学会，医学会一类的其他组织共同合作，只要这些组织致力于解决科学的社会问题和促进科学家的福利。科学工作者协会认识到，如果同非科学界脱离开来，单独行动，科学工作者协会即令十分庞大，它的战斗力也是有限的。因此，科学工作者协会力求同劳工组织和其他进步组织通力合作，只要这些组织的目的和科学家的目的一致。

(b) 目　标

美国科学工作者协会的纲领可以分为下列几项：

1. 科学工作者的职业利益和经济利益。
2. 科研工作的经费。

3. 科学的组织和应用。
4. 科学同教育的关系。

1. 科学工作者的职业利益和经济利益

本协会将努力：

(a) 保证全体科学工作者职业有保障，可以定期休假，可以领取养老金，可以适当增加薪金并且可以享受政府的劳动保险待遇。
(b) 处理会员个人对报酬和工作条件不满的申诉，并且协助会员争取改善待遇。
(c) 成立咨询和就业机构，在合同、工作条件、专利法等问题上向会员提供情报和咨询，并且从一切可资利用的来源搜集资料，建立空缺职位登记簿。
(d) 要求有关方面以公开刊登广告的方式来征聘人员，补充缺额。
(e) 保证需要有科学知识的行政职位都由具有科学资历的人员担任。
(f) 保证直接领导科学工作者的人员都是具有充分科学造诣的人员。
466 (g) 保证级别相当的科学职务和行政职务，地位平等，报酬相等。
(h) 研究在报酬、前途及学习与研究相衔接问题上改善研究生和研究员境况的方法。

2. 科研工作的经费

本协会将努力：

(a) 要求提供足够的资金，以满足科学研究和教学目前的需要和今后发展的需要。特别要着重指出政府需要制订科研计划。
(b) 要求政府和其他有关方面在援助研究机构时，要以赠款或长期津贴的方式进行，而不要每年拨付数额波动不定的款项。
(c) 研究是不是有可能保证更多科研成果转化为专利收入或类似来源的收入，重新用于科学事业。
(d) 调查那些决定科学设备和材料价格的条件，并促使有关方面采取措施降低成本，特别要注意防止对国外进口仪器和材料征收高额关税，以免它们不能同美国公司的产品相竞争。

3. 科学的组织和应用

本协会将努力：

(a) 促进和推广科学成果的应用，以造福于社会。要强调指出工业和政府部门中的科研工作的价值。

(b) 要反对一切限制科学研究、禁止发表科研结论的倾向。

(c) 扩大一切科学知识和发现的公开交流。保持和扩大科学研究的国际性。

(d) 研究和揭露科学事业中违反社会利益的组织方式和应用方式。特别要反对把科学发现有计划地束诸高阁，从而阻止技术进步，并反对把科研成果应用于纯破坏性的目的。

(e) 务使积极从事研究的科学家能够在科研工作的组织方面发挥更大的作用。

(f) 要求允许科学专家可以直接派代表参加政府各级委员会，还可以派代表参加各种人民团体，只要这些团体的调查结果涉及科学家的利益，或涉及科学成果在社会上的应用。

4. 科学同教育的关系 467

本协会将努力：

(a) 促使教育界更充分地认识科学的经济和文化价值。

(b) 改进和扩大奖学金和研究员津贴制度，使接受科学训练的机会完全取决于个人的才能。

(c) 揭露伪科学的学说，特别是用来为反社会、反民主、反劳工或鼓吹战争的政策辩护的伪科学学说。

(c) 方　法

为了达到这些目的，除其他方法外，美国科学工作者协会建议：

(a) 建立一个强有力的全国性组织，并提倡从各工业、大学和其他机构吸收会员，成立活跃的地方小组。

(b) 参加科学家和其他各界人士讨论有关科学家个人利益和社会利益的群众大会。

(c) 参加同本协会关心的问题有关的各种特别委员会，并与人们通力合作。

(d) 向新闻界提供有关科学工作者的社会利益和科学利益的准确情报。通过新闻界宣传基本研究对社会利益的重要性。

(e) 出版会刊，作为一种媒介，使科学工作者可以在同公众有关的重大问题上表示自己的态度，并作为替科学事业讲话的一般宣传工具。

(f) 鼓励在联邦和各州立法机构中成立由全体关心科学的议员组成的志愿科学委员会，并向这种委员会提供情报和建议，加以协助。

(g) 协助起草和通过同科学和科学工作者有关的立法。

(h) 同工会保持联系，以便在科学问题上向它们提供专家的意见和帮助，并争取它们支持科学工作者协会鼓吹的社会和经济纲领。

(i) 组织会员彻底研究协会的各项问题，以便提出详细的切合实际的行动建议。

（张 今译）

汉英人名索引

1. 本索引按汉字笔划顺序排列，
2. 笔划相同的，按点、横、竖、撇、折顺序排列。
3. 页码为原书页码(即本书切口加排的边码)。

三 画

门捷列也夫 Mendeleyev 223
马克，教授 Mark, Prof. 255
马克思，Marx 32, 222, 231, 222-3, 342, 393, 413

四 画

韦尔斯 Wells, H.G. 247, 306, 380, 392, 398
韦尔德 Weld 23
尤因，艾尔弗雷德爵士 Ewing, Sir Alfred 7
戈里津 Golitsin 223
瓦特 Watt 25, 111, 145, 170
瓦维洛夫 Vavilov 227, 231
瓦雷里-腊多，雷内 Vallery-Nadot, René 201
贝塞麦 Bessemer 170
牛顿 Newton 2, 22, 23, 24, 71, 169, 193, 197, 215, 340, 394
毛奇 Moltke 219
巴斯德 Pasteur 115, 116, 201
巴贝奇 Babbage 29
巴特勒 Butler 403
巴甫洛夫 Pavlov, P., 223 230
巴拉纳加 Barañaga 204
比林格塞奥 Biringuccio 167

五 画

平克维奇 Pinkevitch 224
古斯塔夫斯，阿道弗斯 Gustavus Adolphus 169
艾拉斯谟 Erasmus 20
艾萨克，苏姗 Issac, Susan 73
本生 Bunsen 29
本达，朱利安 Benda, Julien 92
布里丹 Buridan 167
布雷迪 Brady, R. A. 220, 214
布鲁诺 Bruno 403
布莱克特 Blackett 395
布拉格，教授 Bragg, Prof. W. L. 136
布拉格，威廉 Bragg, William 36, 41, 83
布兰迪斯，路易斯 Brandeis, Louis D. 143
达尔文，查尔斯 Darwin, Charles 28, 71, 340
达·芬奇，列奥纳多 da Vinci, Leonardo 19, 167, 367
达尔文，伊拉兹马斯 Darwin, Erasmus 25
卡索 Kasso 223

卡哈耳 Cajal 203, 204
卡特勒，约翰爵士 Cutler, Sir John 291
卢瑟福 Rutherford 9, 197, 303
卢克莱修 Lucretius 3
叶卡特林娜女皇 Catherine the Great 222
史密斯，詹姆斯爵士 Smith, Sir James 71
史特维纳斯，布鲁日的 Stevinus of Bruges 21, 193
包德里雅，红衣主教 Baudrillart, Cardinal 213
皮利，约翰 Pilley, John 253
皮里 Pirie 283
弗罗洛夫 Frolov 231
弗洛伊德 Freud 342
弗鲁瓦萨 Froissart 166
弗朗霍费 Frauenhofer 111, 199
弗莱克斯纳 Flexner 205
弗拉姆斯蒂德 Flamsteed 23
弗雷德里克大帝 Frederick the Great 198, 213

六 画

亨利，约瑟夫 Henry, Joseph 290
亨德森，詹姆斯爵士 Henderson, Sir James 134
米利根 Millikan 214
米凯维奇 Mitkevitch 223
吉尔菲兰 Gilfillan 130, 346, 359
吉布斯，威拉德 Gibbs Willard 205
吉布，亚历山大爵士 Gibb, Sir Alexander 142
考尔德，里奇 Calder Ritchie 399
亚历山大 Alexander 17
亚里士多德 Aristotle 17, 76, 169
西德利，约翰爵士 Siddeley, Sir John 176
李比希 Liebig 29, 277
李约瑟 Needham, Joseph 340, 395
李宾德 Rehbinder 230
李森科 Lysenko 231
托里拆利 Torricelli 25
列宁 Lenin 222, 223, 231
列奥弥尔 Réaumer 150, 191
列别丁斯基 Lebedinsky 223
列别捷夫，彼得·尼古拉耶维奇 Lebedev, Peter Nikolayevich 223
乔菲 Ioffe 223
乔伊特 Jowitt 182
伏打 Volta 326
伏尔泰 Voltaire 89, 390
伍尔夫 Woolf 3
伦纳德，诺顿 Leonard, Norton 154, 373
伊林 Ilin 229
伊特生 van Iterson 295
伊舍伍德，克利斯托弗 Isherwood, Christopher 80
多隆 Dollond 111
约尔丹 Jordan 215
约里奥，居里 Joliot, Curie 202

七 画

库新斯基 Kuczynsky, J. 49
麦考利 Macaulay 6
麦克斯韦 Maxwell 2, 197
麦克纳利 McNally 347
麦戈尼格尔 McGonigle 347
苏卢埃塔 Zulueta 204
苏格拉底 Socrates 3, 17
劳厄，冯 von Laue 130
劳里 Lowry 59
劳埃德，杰弗里 Lloyd, Geoffrey 181
克劳瑟 Crowther 26, 28, 110, 135, 149, 170, 171, 205, 224, 227, 290, 347

克拉克 Clarke, G. N. 24, 27
克罗宁 Cronin, A. J. 50, 99, 259
克鲁克斯 Crookes 390
克拉克，教授 Clarke, Prof. 71
克里克，厄恩斯特 Korieck, Ernst 218, 219
杜马 Dumas 277
杜纳托，列奥纳多 Donato, Leonardo 168
杜佩里埃尔 Duperrier 204
扬，欧文 Young, Owen 141
怀特海 Whitehead 4
里彭，主教 Ripon, Bishop of 2
迪金森 Dickinson, H. D. 132
迪金森 Dickinson, H. W. 26
利维 Levy 305
伽利略 Galileo 21, 23, 167-8, 193, 215, 390, 403
伽伐尼 Galvani 326
伯明翰 Birmingham 4, 25
希尔 Hill, A. V. 394
希特勒 Hitler, A., 214, 217-8, 220, 393
希波克拉底 Hippocrates 16
狄拉克 Dirac 197, 229, 366
阿贝 Abbe 111
(大)阿尔伯特 Albertus Magnus 18
阿基米德 Archimedes 17, 166
阿诺德博士 Arnold, Dr. 71
阿格里科拉 Agricola 20, 128, 167
阿那克萨哥拉 Anaxagoras 3
纽科曼 Newcomer 25
纳菲尔德勋爵 Nuffield, Lord 50

八 画

宗德克 Zondek, Prof. 220
波普，爵士 Pope, Sir W. J. 59
波义耳 Boyle, R. 23, 71, 127
法本 Farben, I. G. 138, 152
法布尔，克努德 Faber, Knud 49
法拉第 Faraday 28, 115, 116, 130, 197, 290, 390
法林顿 Farringdon 307
美立都 Meletos 3
刻卜勒 Kepler 21, 23, 311, 340
郎杜契，贝内代托 Landucci, Benedetto 168
武斯特，侯爵 Worcester, Marquess of 25
英奇，教长 Inge, Dean 4
杰松 Gershun 223
拉曼 Raman 207
拉瓦锡 Lavoisier 27, 170, 201, 335, 403
拉格朗日 Lagrange 27
拉普拉斯 Laplace 27
拉曼努疆 Ramanujan 207
拉姆赛，威廉爵士 Ramsay, Sir William 182
帕潘 Papin 25
帕斯卡尔，埃田恩 Pascal, Etienne 21
罗森堡 Rosenberg, A. 220
罗奇代尔 Rochdale 26
罗兹博士 Rhodes, Dr. E. C. 248
罗素，伯特兰 Russell, Bertrand 10
罗蒙诺索夫 Lomonosov 223
居里夫人 Curie, Madame 201
佩兰，让 Perrin, Jean 202

九 画

施塔克 Stark 215
玻尔 Bohr 303
玻恩 Born 215
玻塞 Bose 207
胡克，罗伯特 Hooke, Robert 23, 291, 394
柯瓦列夫斯基 Kovalevsky 223

查理二世 Charles II 23
查尔斯，伊妮德 Charles, Enid 355
柏拉图 Plato 4, 5, 17, 166, 398
柏格森 Bergson 2
欧文 Owen 29
欧姆 Ohm 199
威耳金森 Wilkinson 25, 170
威季伍德 Wedgwood 25
威尔科克斯 Wilcox 348
哈迪 Hardy, G. H. 9
哈维 Harvey 193
哈格里夫 Hargreave 18
哈柏，弗里茨 Haber, Fritz 111, 177, 199
哈茨霍恩博士 Hartshorne, Dr. E. Y. 217
哈托格，菲利普爵士 Hartog, Sir Philip 248
科赫 Koch 199

十 画

海森堡 Heisenberg 215
朗福德 Rumford 25–26, 170
班克斯，约瑟夫 Banks, Joseph 26
秦斯 Jeans 4, 215
索比 Sorby 86
索末菲 Sommerfeld 215
索雷尔 Sorel 2
莱布尼兹 Leibnitz 193, 198
莱文斯坦博士 Levinstein, Dr. 145
莫菲 Morphy 98
莫斯利 Moseley 171
莫勒斯 Moles 204
莫特拉姆 Mottram 49, 80, 258
莫里斯，威廉 Morris, William 381
莫斯钦斯基 Moschinsky 73
格雷 Gray, J. L. 73
格兰维尔 Granvil 113
格罗夫纳，威廉 Grosvenor, William M. 142
哥白尼 Copernicus 193
夏尔科 Charcot 49
夏特勒夫人 Châtelet, Mme du 89
恩格斯 Engels 222, 231, 223, 337, 343
爱丁顿 Eddington 4, 214
爱迪生 Edison 130, 205
爱因斯坦 Einstein 199, 215, 366
拿破仑 Napoleon 27, 71, 170, 183, 201

十一画

康帕内拉 Campanella 113
康韦，蒙丘尔 Conway, Moncure 259
盖伦 Galen 76
盖里克 Guericke, Otto von 169
道尔顿 Dalton 27, 71
雪莱 Shelley 89
菲利普斯，教授 Phillips, Prof. 41
菲德罗夫斯基 Federovsky 295
萨尔顿 Sarton 5
萨弗里 Savery 25
梅朗克松 Melancthon 20
梅里曼，罗伯特 Merriman, Robert 396
梅迪契，科西莫·德 Medici, Cosimo de 19
格里克 Gerike 348
培根，罗吉尔 Bacon, Roger 6, 18, 21, 380
培根，弗朗西斯 Bacon, Francis 6, 21, 23, 32, 113
野口英世 Noguchi (Hideyo) 208
笛卡尔 Descartes 23, 193
维布伦 Veblen 214
维萨留斯 Vesalius 193, 208

十二画

富兰克林，本杰明 Franklin, Benjamin 25, 204
普朗克 Planck 214, 303
普林斯 Prins 253
普里斯特利 Priestley 25, 71, 116, 390, 403
博尔顿 Boulton 25, 145
斯诺 Snow, C. P. 98
斯迈尔斯 Smiles 25
斯蒂芬逊 Stephenson 135
斯达汉诺夫 Stakhanov 224
斯托列托夫 Stoletov 223
斯坦普勋爵 Stamp, Lord 126, 139, 144, 145, 156, 158, 290, 298
斯普拉特主教 Sprat, Bishop 66
斯宾塞，赫伯特 Spencer, Herbert 325
斯威夫特副主教 Swift, Dean 22, 95
斯特恩，伯恩哈特 Stern, Bernhard J. 131, 132
斯特普尔顿教授 Stapleton, Prof. 347
塔塔格利亚 Tartaglia 168-9, 171
雅各布森 Jacobsen, J. C. 202
雅各布森，卡尔 Jacobsen, Karl 202
黑森 Hessen 394
焦耳 Joule 116, 171
奥尔，约翰爵士 Orr, Sir John 54, 347, 375
奥格登 Ogden, C. K. 302
奥尔登伯格 Oldenburg 23

十三画

福斯特 Forster, E. M. 381
雷恩 Wren 21
蒙日 Monge 27

十四画

豪 Howe, H. E. 368
赫胥黎，Huxley, T. H. 28, 29, 71, 95
赫胥黎，朱利安 Huxley, Julian 39, 63, 153, 159, 305
赫胥黎，奥尔德斯 Huxley, Aldous 97, 381
赫德，杰拉尔德 Heard, Gerald 87
蔡尔德，戈登 Childe, Gordan 15

十五画

墨索里尼 Mussolini 211

十六画

霍尔丹 Haldane, J. S. 4
霍尔丹 Haldane, J. B. S. 354, 356, 395
霍格本 Hogben 3, 16, 168, 180, 248, 259, 306, 355, 403
霍尔，丹尼尔爵士 Hall, Sir Daniel 53, 179
霍尔，塞缪尔爵士 Hoare, Sir Samuel 185
霍普金斯，高兰 Hopkins, Gowland 49, 50
薛定谔 Schrödinger 215

十七画

戴维 Davy 28, 116, 135, 183